

---

---

PUBLICATIONES INSTITUTI GEOGRAPHICI  
UNIVERSITATIS TARTUENSIS

---

---

112

*Kliimamuutustega kohanemine Eestis –  
valmis vääramatuks jõuks?*

*Toimetaja Antti Roose*

Tartu 2015



PUBLICATIONES INSTITUTI GEOGRAPHICI  
UNIVERSITATIS TARTUENSIS

112

UNIVERSITY OF TARTU  
DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

PUBLICATIONES INSTITUTI GEOGRAPHICI  
UNIVERSITATIS TARTUENSIS

112

# **Climate Change Adaptation in Estonia – Prepared for Force Majeure?**

*Edited by Antti Roose*



Tartu 2015

TARTU ÜLIKOOL  
GEOGRAAFIA OSAKOND

PUBLICATIONES INSTITUTI GEOGRAPHICI  
UNIVERSITATIS TARTUENSIS

112

# **Kliimamuutustega kohanemine Eestis – valmis vääramatuks jõuks?**

*Toimetaja Antti Roose*



Tartu 2015



Väljaandja / Publisher:  
Tartu Ülikool  
Ökoloogia ja maateaduste instituut, geograafia osakond  
Vanemuise 46, 51014 Tartu  
Eesti  
<http://www.geograafia.ut.ee>

Toimetuskolleegium / Editorial board:  
Rein Ahas, Jaak Jaagus, Ott Kurs,  
Ülo Mander, Tõnu Oja

Toimetaja / Editor:  
Antti Roose  
[antti.roose@ut.ee](mailto:antti.roose@ut.ee)  
[www.geograafia.ut.ee/et/teadustegevus/kati](http://www.geograafia.ut.ee/et/teadustegevus/kati)

Tehniline tugi / Technical support:  
Pilleriine Kamenjuk, Martin Gauk

Kaane kujundus / Cover design:  
Kalle Paalits

Toetaja / Supported by:



Copyright: autorid, Tartu Ülikooli geograafia osakond, 2015

ISSN 1406-3069  
ISBN 978-9985-4-0938-1 (trükis)  
ISBN 978-9985-4-0939-8 (pdf)

Eesti Ülikoolide Kirjastus

## Sisukord

<b>Antti Roose</b>	
Kliima muutub – kuidas kohaneda? .....	6
<b>Mait Sepp</b>	
Kliimamuutustega kohanemise klimatoloogilised aspektid .....	20
<b>Mait Sepp, Tanel Tamm ja Valentina Sagris</b>	
Tulevikukliima regioonid Eestis .....	38
<b>Mait Sepp</b>	
Tormid Eesti tulevikukliimas .....	49
<b>Martin Gauk</b>	
Üleujutustest Eesti linnades .....	53
<b>Valentina Sagris, Mait Sepp ja Martin Gauk</b>	
Kuumalained ja soojussaared – Tallinna näide .....	68
<b>Tanel Tamm</b>	
Paduvihmadest põhjustatud üleujutuste modelleerimine – Pärnu näide .....	79
<b>Alar Rosentau, Enn Karro ja Merle Muru</b>	
Kliimamuutuste üleujutusriskid Eesti rannikualadel .....	86
<b>Maila Kuusik</b>	
Kuidas ruumiline planeerimine kohaneb kliimamuutustega? .....	99
<b>Ants Tammepuu ja Jaan Tross</b>	
Üleujutusriskide hindamine kliimamuutuste mõjude kontekstis .....	109
<b>Kati Orru ja Mari Tillmann</b>	
Haldussüsteemi kohanemine kliimamuutustega kaasnevate terviseprobleemidega .....	115
Eesti riiklik kliimamuutustega kohanemise strateegia maakasutuse ja planeerimise ning tervise ja päästevõimekuse valdkonnas (kavand 20.10.2015) .....	133

## **Kliima muutub – kuidas kohaneda?**

Antti Roose

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### **Euroopa algatus**

Kliima muutub. Eestis on õhutemperatuur juba tõusnud – umbes 2 °C – oluliselt kiiremini kui maailmas keskmiselt (+0,8 °C) (Tarand jt, 2013; IPCC, 2014; BACC, 2015). Kindlasti tõuseb temperatuur sama palju sajandi lõpuks veel (Luhamaa jt, 2015). Ka Eesti ühiskond muutub – kiiremini kui kliima. Eesti peab oma endiselt domineeriva põlevkivienergiaga asuma senisest otsustavamalt kliimamuutusi leevendama, kuid vältimatult tuleb ka kohaneda – kohaneda kliimamuutuste kui vääramatu jõuga.

Kui ilm on argine, siin, nüüd ja praegu, siis kliimapoliitika jääb Eesti inimesele võrdlemisi kaugeks, abstraktseks ja ametlikuks. Eesti rahvas ei teadvusta ega tähtsusta kliimamuutust kui globaalprobleemi, olles Eurobaromeetri arvamusuuringutes piinlikult tagumistel positsioonidel (TNS Opinion & Social, 2014). See asjaolu sunnib kriitiliselt küsima, kas me oskame pikemalt ette vaadata, riske teadvustada, haavatavust hinnata ja vastavalt otsustada, tegutseda ja käituda. Kas meil on Eestis selleks poliitilist tahet ja praktilist meelt, teadmisi, lahendusi, õppetunde ja näiteid, arvestades ka seda, et meie Põhjala naabrid on kliimakohanemise teemas juba kümmekond aastat sihikindlalt tegutsenud? Mida peaks tähendama kliimamuutustega kohanemine riigile, omavalitsusele, ettevõtjale ja kodanikule? Kuidas kliimakahjusid vältida ja vähem kahetseda, ohuolukordi ennetada, kuid samas vältida hüsteerilisi reaktsioone? Kuidas tõsta otsustamiskiirust ja paindlikkust, et riske pehmelt maandada? Üldistades võime küsida, milline on Eesti kohanemisvajadus ja haavatavus, aga ka teiselt poolt kohanemisvõimekus. Just nende küsimuste üle juureldakse ja neid uuritakse Eesti riikliku kliimamuutustega kohanemise strateegia koostamisel.

Kliimamuutus on fakt, aga see on ka teatavas mõttes vääramatu jõud, kuivõrd osa protsesse on pöördumatud (IPCC, 2014). Sõltumata rahvusvahelistest, riiklikest ja kohalikest kliimapoliitilistest algatustest ning kõikvõimalikest leevendamistegevustest, pole globaalset soojenemist ning teisi kliimamuutustega kaasnevaid ohte täielikult võimalik vältida. Et kanda vähem kahju nüüd, eriti aga tulevikus, tuleb ühiskonnal kohaneda. Euroopa Liidu kliimamuutustega kohanemise strateegia, mille Euroopa Komisjon kiitis heaks 2013. aasta aprillis, seab eesmärgiks vähendada majandusharude, eluvaldkondade, loodus- ja inimsüsteemide ning vara haavatavust kliimamuutuse mõjudest (COM 216, 2013). Selleks peavad kõik ühendusse kuuluvad riigid tõstma oma valmisolekut ja võimekust kliimamuutuste puhuks. EL on toonud välja neli põhjust ühiseks kohanemispoliitikaks (EEA, 2013).

- Kliimamuutus ja selle mõjud ei tunne riigipiire. Nii nagu on probleem, saavad ka lahendused inimkonnal olla ühised – üleilmsed ja üleeuroopalised.
- Kliimamuutus ja kohanemismeetmed mõjutavad EL-i poliitikaid, mida tuleb sidusalt ja terviklahendustena suunata.
- Haavatavuse vähendamiseks tuleb rakendada ja tugevdada solidaarsusmehhanisme, sh EL-i programme ja fonde.
- Erinevate riikide teadmised, lähenemised ja praktilised lahendused täiendavad üksteist. Mastaabiefekt tõhustab kohanemispoliitikat ja selle elluviimise võimekust, annab olulist kokkuvõtet, aga ka kiirendab elluviimist. Mingis mõttes on see nagu kollektiivkaitse.

Üheks Euroopa Liidu kohanemispoliitikat raamistavaks ja koordineerivaks tegevuseks on riiklike kohanemisstrateegiate koostamine hiljemalt 2016. aastaks. Lääne- ja Põhja-Euroopa riigid asusid kohanemisstrateegiaid koostama juba kümmekond aastat tagasi. Soome rakendas riikliku kohanemispoliitika Euroopas esimesena juba 2005. aastal, 2006. aastal järgnes Hispaania ja Prantsusmaa (EEA, 2014). Enamik „vana“ Euroopa riikidest on jõudnud teema ühiskonnatahtsaks, küpselt rakenduslikus käsitluses tõenäosuslikelt mõjuhinnaangutelt praktilise meetmetepaketi ja lahendusvariantide sotsiaal-majandusliku hindamiseni, mida on asunud majanduskriisi järgsetes kärpeelarvete tingimustes võimaluste kohaselt ka ellu viima. Strateegilisemas plaanis joonistatakse teekaarte (*roadmap*) ja erinevates lahendusvariantides kohanemisradu (*adaptation pathways*) (EEA, 2014). Rakendatud kohanemismeetmed on asjakohased – maandatakse suuremaid riske, meetmed on kulutõhusad, kohapõhised ja ennetavad. Samas on kohanemispoliitika elluviimisel esirinna riikides märgata kohanemispoliitika esimese arengulaine vaibumist, lukustumist ning tõrkeid, seda tingituna institutsionaalsest ja valdkondlikust killustatusest kui ka suure pildi hägustumisest, huvide vastuolust, info- ja suhtlushäiretest, otsustajate ja asjaliste tüdimusest, aga ka kliimabürokraatia tekkest (Groot *et al.*, 2015). Enesekriitiliselt suhtub teadlaskond juhtumitesse, kus on märgata teadusprogrammide nõrgenemist, loidu ja rutiinset rajasõltuvust, habrast teaduseetika rikkumist, võimalikku poliitilist kallutatust tulemustes või andmetega manipuleerimist (skandaal East Anglia ülikoolis 2009–10) (Closing the Climategate, 2010). Kvaliteediküsimusi tekitab kliimateaduses ühelt poolt politiseeritud, tagantkiirustatud nõudlus uurimistulemustele ning teisalt liiga kiirelt kasvanud rahastusmahud.

## KATI projekt

Enamikul „uuest“ Euroopast, sh Eestil on kliimakohanemise strateegiad seni koostamata ja rakendamiseks kehtestamata (EEA, 2014). Sestap alustati 2014. aastal Eesti riikliku kliimamuutuste mõjudega kohanemise strateegia ja rakenduskava koostamist, hoogustades nii lähte-, sünteesuuringuid kui protsessi üldisemalt. Strateegiaprotsessis lähtutakse EL-i metoodikatest (SWD 134, 2013), Eesti teadmistebaasist, välisriikide

uuringupartnerite teadmistest, valdkondlikest siduspoliitikatest ning juba ellu viidavatest meetmetest ja praktikatest.

Enamik sellesse kogumikku koondatud uuringuid viidi läbi projekti „Kliimamuutuste mõjude hindamine ja kohanemismeetmete väljatöötamine planeeringute, maakasutuse, inimeste ja päästevõimekuse teemas“ (ehk KATI) raames, mida rahastati Euroopa Majanduspiirkonna Finantsmehhanismi 2009–2014 programmist “Integreeritud mere ja siseveekogude majandamine”.

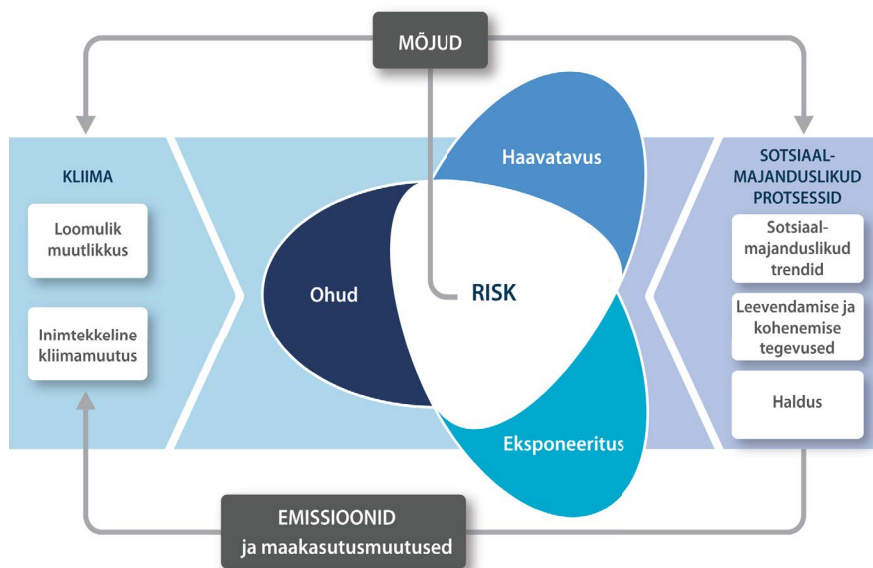
KATI projekti eesmärgiks oli luua asustuse ja inimese temaatikas teadmiste baas Eesti riikliku kliimamuutustega kohanemise arengukava koostamiseks ning välja pakkuda ja hinnata kliimamuutustega kohanemise meetmeid. Konkreetsemalt viidi uuringud läbi planeerimise ja maakasutuse, rannikualade ning maaparanduse, tervise ja päästevõimekuse uurimisrühmas valdkonnapõhiste analüüsidenä, milles hinnati kliimamuutusi ja nende mõjusid, avaldumise riske ja tõenäosust, samuti uurituse taset ja vajadust. Kavandatavaid meetmeid hinnati rakendamisvajaduse ja otstarbe, kulukuse ja ajaraamistiku alusel. Uuringutes osales lisaks Tartu Ülikooli geograafia ja geoloogia osakonnale, tervishoiu instituudi ning rakenduslike sotsiaaluuringute keskuse teadlastele Eesti Maaülikooli (maaparandus), Sisekaitseakadeemia (päästevõimekus) ning Norra Linna- ja Regionaaluuringu Instituudi teadlased (kohanemismeetmed). Kõrvuti KATI projektiga pühendusid kohanemisuuringutele looduse, metsanduse ja põllumajanduse temaatikas Eesti Maaülikooli juhtimisel BioClim projekt, taristute temaatikas Säästva Eesti Instituudi juhtimisel ENFRA projekt ning ühiskonna ja majanduse temaatikas TÜ RAKE juhitud projekt. Riikliku kliimamuutustega kohanemise arengukava koostamist koordineerib keskkonnaministeerium, arengukava peaks valmima 2016. aastal.

## **Kohanemisuuringute lähtekohad**

**Strateegiametoodikas lähtuti Valitsustevahelise Kliimamuutuste Nõukogu (IPCC) viiendast hindamisraportist (IPCC, 2014) ning EL-i kliimakohanemise strateegia-paketist (COM 216, 2013).** Eesti kliimastenaariumites põhineb keskkonnaagentuuri uuringule „Eesti tuleviku kliima stsenaariumid aastani 2100“ (Luhamaa jt, 2015). Ühiskonnaproгноosis ja analüüsides võeti aluseks riiklikud arengukavad ning statistika.

KATI uuringutes tugineb uuematele päevakohastele teadusallikatele, mis seostavad kliimamuutusi, erakorralisi ilmastikuolusid ja kliimaekstreemumeid ühiskonnaarengutega. IPCC hindamise metodoloogia seostab kliima-, keskkonna- ja inimestegevuse /-olemise tegureid, mis väljenduvad kliimamuutuste mõjudes (joonis 1). Samuti käsitleti uuringus riskide hindamist ja juhtimist, milles võrdlemisi kaalukat rolli hakkavad mängima mitte-klimatoloogilised tegurid. Mõjude teravus ei sõltu ju ainult kliimategurist ja selle mõju erakorralisusest, vaid mõju eksponeeritusest ja haavatavusest inimestele, kogukondadele ja ühiskonnale laiemalt. Seejuures tuleb võrdtähtsalt silmas pidada nii kliima loomulikkust muutlikkust, kliima inimtekkelist muutust kui ka sotsiaal-majanduslikke protsesse. Kliimamuutustega kohanemine sõltub olulisel määral süsteemi – näiteks

linna kui kompleksse süsteemi – haavatavusest. IPCC neljas hindamisraport defineerib haavatavust järgmiselt: „Haavatavus on süsteemi tundlikkuse määr ja suutlikkus tulla toime ebasoodsate kliimamuutuste mõjuga, sealhulgas kliima varieerumise ja äärmustega. Haavatavus on süsteemile mõjuva kliimamuutuse ja kliima muutlikkuse iseloomu, ulatuse ja kiiruse funktsioon, selle süsteemi tundlikkus ja kohanemisvõime“ (IPCC, 2007).

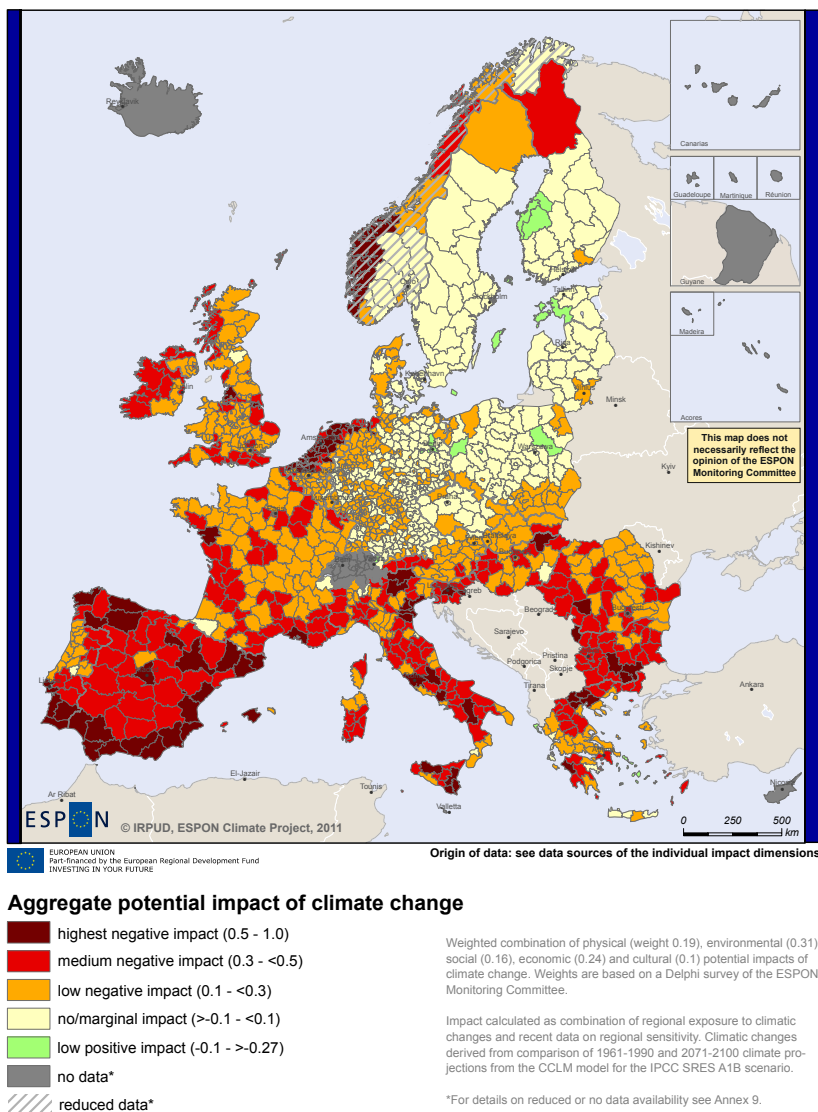


**Joonis 1.** IPCC kliimariskide, mõjude ja ühiskonnaseoste põhimõtete joonis (IPCC SREX, 2012).

**Eestis võib kohanemispoliitika väljatöötamise esmaseks põhjuseks ja päästikuks pidada EL-i kliimapoliitikat.** Paljudes Kesk- ja Lääne-Euroopa riikides on strateegiliselt ja pikemas perspektiivis kohanemispoliitikat kavandama ja seda ellu viima sundinud erakordsed ilmaolud, üleujutused ja neist tekkinud suur kahju. Läänes on teematõstatamisel olulist rolli mänginud kodanikuühendused ja kliimamuutuse survegrupid, samuti on aktiviseerunud ajakirjandus ja sotsiaalmeedia, mis ei päde sugugi Eesti kohta. Eestis kogeti kliimariski kõige tõsisemalt 2005. aasta jaanuaritormi näol, sagenenud on ka sügis- ja talvetormid ning sellest johtuvad häired elukorralduses, kuid kahjud nagu ka avalik huvi on seni jäänud tagasihoidlikuks.

**Kliimariskide Indeksis 2015 on Eesti maailma riikide seas 128. kohal** (vähenev järjestus) 0 surma ja \$4,28 miljonilise (0,012% SKT-st) majandusliku kahjuga, mis on arvatud aasta keskvaartustena perioodi 1994–2013 kohta (Kreft *et al.*, 2014). Germanwatchi mõttekoja indeksi järgi on Eesti üsna turvaline paik, jäädes hinnatud riikidest turvalise veerandi sisse. Taustaks, kõige kõrgema kliimariskiga on Honduras, Myanmar (Birma), Haiti, Nicaragua ja Filipiinid, kõige ohutumad aga Hongkong ja

Türkmenistan. Ka Euroopa üldistuses on kliimamuutuste üldmõjud Eestis väikesed või Lääne-Eestis suisa positiivsed (joonis 2). Kuid samas on Eesti kohanemisvõimekus Euroopa riikide võrdluses keskmisest madalam (ESPON, 2011). Ühelt poolt peaks madal riskitase välistama ülereageerimist ja riskide ülehindamist ning võimaldama probleemidele läheneda pragmaatiliselt, kuid teisalt hoiab see tagasi otsustavamast edenemist kohanemispoliitikas ega tõsta kliimakohanemist ettepoole teiste Eesti ühiskonnale oluliste teemade reas.



**Joonis 2.** Kliimamuutuse võimalik mõju (ESPON, 2011). Lääne-Eesti kuulub üksikute positiivse mõjuga piirkondade sekka.

**Eestlaste teadlikkus kliimamuutustest kui teravnevast globaalprobleemist on EL-is üks madalamaid.** Kliimamuutust peab maailmaprobleemiks vaid veerand Eesti elanikest, seejuures kõige tõsisema maailmaprobleemina teadvustab kliimamuutust vaid iga kümnes Eesti elanik (TNS Opinion & Social, 2014). Võrdluseks, Euroopa kõige kliimateadlikumad inimesed elavad Rootsis, kellest 39% peab kliimamuutust kõige tõsisemaks maailmaprobleemiks ning 81% teadvustab seda maailmaprobleemina. Sestap tuleb Eestis kohanemismeetmetes suurt rõhku panna just teadlikkuse tõstmisele. Suur osa kliimamuutustega kohanemise meetmetest saab teostuda läbi elanikkonna teadlikkuse, kuna otsustav ja sageli esmane tegur on inimeste käitumine. Riskiteadlikud inimesed oskavad riske vältida ning muutustega kiiremini ja tõhusamalt kohaneda.

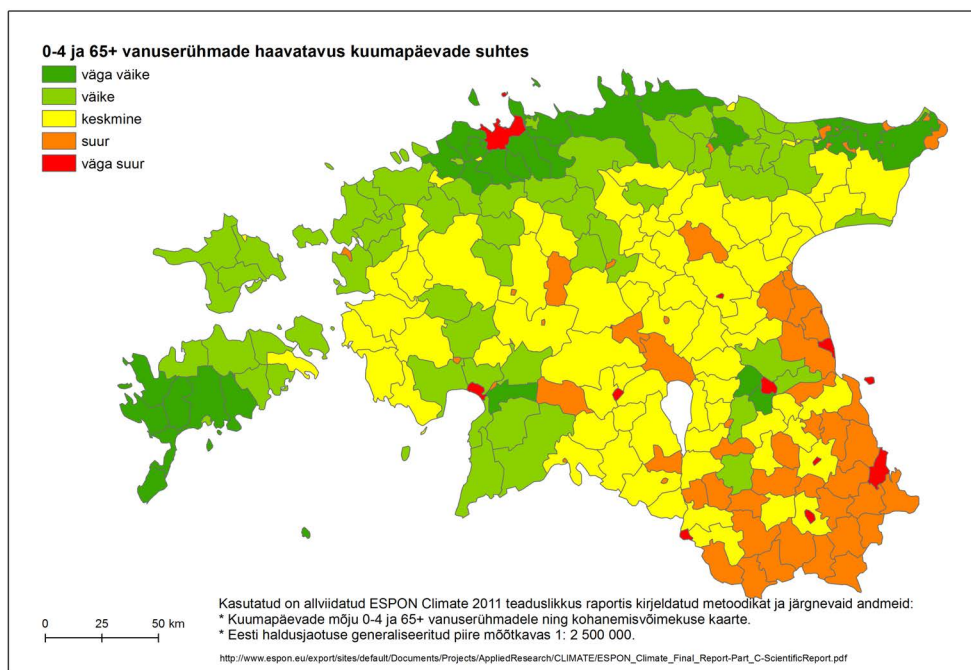
**Ühiskondlikud, sh sotsiaal-majanduslikud muutused on kiiremad kui kliimamuutused ja nende mõjud.** Küsimus ei ole üksiti looduskeskkonna ja kliimaprotsessides, vaid samavõrd ühiskonnaarengutes, majanduses, elukvaliteedis ja sotsiaalses turvalisuses. Uueks märksõnaks on kerkinud vastupanuvõime (*resilience*), mis on diskursusena uuendamas, osalt isegi välja vahetamas jätkusuutlikkust (*sustainability*) (Tyler & Moench, 2012). Vastupanuvõime väljendab võimekust häiringutega toime tulla ning saavutada lähteolukord, aga ka ettevaadet valmistumaks ettenägematuteks sündmusteks ning valmisolekut riskidega parimal moel tegeleda (Müller, 2011).

Nagu kliimamuutuse prognoosimisel peab ka ühiskonnamuutuste kirjeldamisel arvestama juhuslikkuse ja määramatusega ning seostele ja mõjudele lisama tõenäosuslikkuse ja usaldusväärsuse hinnangu. Kui IPCC viies hindamisraport täpsustas ja aktualiseeris kliimastenaariume, RCP-sid (*representative concentration pathways*) vastavalt atmosfääri hüpoteetilisele kasvuhoonegaaside sisalduse kasvule ning ühiskonnaprotsessidele (leevendamismeetmete rakendamise efekt, maakasutusmuutused), siis liiguti edasi ka sotsiaal-majanduslike stsenaariumitega, SSP-dega (*shared socio-economic pathways*). SSP-d sisaldavad maailma arengulugusid, kvantitatiivseid võtmenäitajaid (rahvaarv, SKT, tehnoloogiaste kättesaadavus) ning teisi näitajaid, näiteks ökosüsteemide puhverdusvõimet või valitsemisindekseid (IPCC, 2014). Siiski ei suuda sotsiaal-majanduslikud stsenaariumid hiljutist globaalset majanduskriisi ja sellest taastumist kuigi täpselt hõlmata – senised võrdlemisi usaldusväärsed trendikõverad on katkenud, murtud. Üha sidusama maailmamajanduse protsesside arenguraja visandamine sisaldab isegi stsenaariumite täiuslikumates meetodites kontrollimatult palju määramatust (Kriegler *et al.*, 2014). Pigem taandub küsimus üllatuslikele ja juhuslikele „wild card“ arengutele, millest saavad tulenema kohanemisrajad.

Sotsiaal-majanduslikku tausta on üldistatud ka STEEP mudeliga, mis hõlmab sotsiaalset, tehnoloogilist, majanduslikku, keskkonna- ja poliitikategelikkust (EEA, 2014). Sotsiaal-majanduslikust taustast, tingimustest ja olukorrast suuresti sõltub kliimarisikide eksponeeritus, avaldumine ja haavatavus. Kliimarisikide haavatavuse hindamise mudelid käsitlevad heaolu, sissetulekuid ja varasid (näiteks kinnis- ja finantsvara hinnamuutust), majandusharude arengut ja innovatsiooni rolli, kindlasti ka rahvastikutupsesse, tarbimismustreid ja elulaadi, linnastumist, taristute arendamist ning



maakasutuse muutusi. Kõiki neid tegureid saab kas üksikuna või mitmete tegurite koostoides seostada ühtede või teiste kliimarisikide esinemise ja ulatusega. Joonisel 3 on Tanel Tamm ja Hans Orru esitanud väikelaste ja üle 65-aastaste haavatavuse üle 27 °C kuumapäevade suhtes kohalike omavalitsuste lõikes. Sealt joonistub välja kõrge haavatavuse tase linnakeskkonnas, eeskätt linna soojussaare efekti tõttu, ning Lõuna-Eestis, eelkõige vanemaalaste kõrge osakaalu tõttu rahvastikus.



**Joonis 3.** Väikelaste ja üle 65-aastaste haavatavus kuumapäevade suhtes (statistikaameti ning riigi ilmateenistuse andmed, analüüs: Tamm ja Orru KATI projekt).

**Kliimakohanemise uuringutes ja arutusel domineerivad loodusteaduslikud alused, meetodikad ja tõendid**, mis on küll viimase kümnendiga massiliselt kasvanud ja pakkunud läbimurdelisi järeldusi, kuid need jäävad sageli võrdlemisi erialakitsaks ja akadeemiliseks, sobitumata laiemasse kliimapolitiilisse pilti või rakenduslikult halduspraktikatesse (GEC, 2014). Kliimateaduse ühiskonnateaduslik suund on vähem arenenud ning meetodiliselt kui ka andmete osas alles otsingutel ja katsetustes. Seetõttu kiputakse kliimapolitiika ühiskonna- ja sotsiaaluuringuid ka alahindama. Hinnates erinevate kliimaraaportite teadmussiirde potentsiaali Eestisse, siis IPCC dokumendid tähtsustavad globaalmõõtkavas pigem arenguriikide eksistentsiaalseid probleeme (IPCC, 2014), EL-is on esiplaanil aga halduslik koordineerimise ja valitsemis-suund

(EEA, 2014). Kliimakohanemise juhtriikide, näiteks Ühendkuningriikide, Saksamaa ja Hollandi uuringutes valitsevad regionaalsetele või kohalikele üksiknäidetele tuginevad juhtumiuuringud, mida ei saa kontekstis avalduvate eristuste pärast üldkehtivalt üle kanda – erinevad nii riskitasemed ja -taju nagu ka riigihaldus- ja planeerimissüsteem.

Mis põhjustel ei ole aga järjest rohkemaarvulised kliimamuutustega kohanemise uurimisprojektid kohanemispoliitika suutnud teenida? Miks ei rakendata aina külluslikumaid teadmisi poliitikameetmetes, kui uuringud kulmineeruvad järjest põhjalikumate ja akadeemiliselt tugevamate tulemuste ja uute, värskete tõenditega? Kuivõrd kasvavad uurimisprogrammid ja laienevad kohanemismeetmed, kurdetakse üha rohkem teaduse ja poliitika või teaduse ja praktika lõhe süvenemise üle (EEA, 2013). Kokkupuutekohtade otsingust, koordineerimisevõtete väljatöötamisest ja haldussuutlikkuse tõstmisest on saanud lausa omaette teadussuund. Paraku jäävad lahenduse otsingud võrdlemisi deklaratiivseks, reaalpoliitikast kaugele, ning on pigem retooriliselt motiveerivad või n-ö teeviidak.

Esimene probleemisõlm on seotud säästvuse ja arengu-uuringutega, nende filosoofilisuse ja sisukusega. Üldiselt ohutavad need radikaalsemale säästva arengu põhimõtete, põhjuste, arengukavade ja eesmärkide püstitamisele valitsemisüsteemides (Westley *et al.*, 2011). Aga kuidas? Teiseks tuleb vastata laiadele määramatustele pikaajalistes kohanemisotsustes (Ranger *et al.*, 2013). Määramatus ümbritseb nii kliimaprojektsioone kui ka ühiskonnaarenguid, mis ei vasta enam traditsioonilistele riski juhtimise (*risk management*) protseduuridele, mis on ametkondades seni tavaks olnud. Kolmandaks sõlmeks on teadlased nimetanud viimaste kümnendite ühiskonna- kui kliimamuutuste erakordsust, muutuste n-ö sügavust (Sepa artiklid). See tingib nii süstemaatiliste, lisanduvate, muutuvate kui üleminekuliste kohanemisradade kombineerimist ja tsüklilist rakendamist. Tavaliselt on poliitikauuendus ja konkreetsemad lahendused valla päästetud kas biofüüsikaliste või sotsiaal-poliitiliste läviväärtuste ületamisest või pöördepunktide läbimisest (Roggema *et al.*, 2012; Werners *et al.*, 2013). Neljas sõlmküsimus näib üsna konkreetne ja lihtne: milliseid mõjusid kutsuvad esile kliimamuutused ja erakordsed ilmaolud, milline täpselt on see põhjuslik seos, millest lähtuda kohanemistegevuste planeerimisel? Tegelikult jäävad seosed enamasti ebaselgeks (Sepa artiklid). Eriti kompleksed ja varjatud on seosed tervisemõjudes (Bowen & Freil, 2012), aga ka suurtaristute, näiteks energiakasutuse riskikindluse tõstmisel (Rene *et al.*, 2011). Siin tuleb selgitada, et mõjud toimivad teatavates süsteemi seisundites, näiteks, milline on üksikisiku tervis või ühiskonna üldisem tervisetrend, või taristute puhul, millised on süsteemide standardid ja tehnoloogia enda töökindlus.

Need neli sõlmprobleemi on teadlaskonda suunanud senisest põhjalikumalt analüüsima juba rakendatud kohanemispoliitika ja visandama dünaamilisi kohanemisradu. Üldistavalt, aga ka senisest täpsemalt sõnastatakse kohanemispõhimõtteid, -piiranguid ja -takistusi, seda nii süsteemi- kui otsusekeskselt, erinevates institutsionaalsetes raamistikutes kui väärtuskeskkondades (Wise *et al.*, 2014). Valdkondadest on EL-i riikides kõige põhjalikumalt analüüsitud ökosüsteemi ja elurikkuse teemat,

kohanemispoliitikates ja nende praktilisel elluviimisel on kõige kaugemale jõutud veemajanduses ja põllumajanduses (EEA, 2014).

**Kohanemine peab olema kohapõhine ning lähtuma territoriaalsetest riskihinnangutest.** Haavatavuse ja kliimamuutuste mõjude hinnangu koostamisel lähtutakse eeldusest, et eksponeeritus, tundlikkus ja kohanemisvõimekus varieeruvad aeg-ruumiliselt. KATI uuringutes kasutati ruumianalüüsiks paljusid olemasolevaid kliima-, ühiskonna- ja kohanemistegurite ruumiandmeid. Kliimariskide kõrval arvestati tasakaalustavalt ka teisi ühiskonnaarengu riske. Hinnangu tulemused sisaldavad oluliste mõjude ruumilist jaotust riigi, regiooni või linna tasemel, näidates ära mõjutatud rahvastiku, majandustegevuse ja/või majandusliku väärtuse jaotuse. Seda selleks, et eeskätt keskenduda suure esinemisriskiga ohtudele ja hädaolukordade võimalikkusele riskialadel.

Kohanemispoliitika kujundamisel ja meetmete planeerimisel tuleb leida vastused tüüpiküsimustele: mis on probleem (analüütiline sisu), kus (ruumiline), millal (ajaskaala) ning kes (otsustustasand) peab mida tegema (Fankhauser & Soare, 2013). Konkreetse näitena, kus kõik need küsimused kerkisid üles linna- ja elukorralduslikul tasandil, võib tuua olukorra, kui Emajõgi ujutas 2010. aasta aprillis kiire temperatuuritõusu tõttu pärast lumerohket talve üle Supilinna (joonis 4).

Kliimamuutuse riskihaldus sõltub ühelt poolt teaduslikest tõenditest ja arusaamast ning teiselt poolt ühiskonna väärtushinnangutest, poliitikast ja praktikast. Teadlaste ülesanne peab olema kliimariske arusaadavalt avada ja teadustulemusi avalikustada mitte ainult positiivsel teljel, oma parima ja värskeima teadmise kohaselt, vaid ka tunnistada madala tõenäosusega seoseid, mitteteadmist ja ebaselgust ning vastuolulisi küsimusi, mis vajavad otsustajate, huvirühmade, uurimiserühmade või teadlaste vahel edasist vaidlemist, hüpoteeside ümbersõnastamist ja üha uuesti tõestamist, meetodilisi täiustamisi ja tõetsinguid. IPCC viies hindamisraport (2014) kasutab riskihalduse aluseks järgmisi tõenäosushinnanguid:

- tõendite olemasolu: piiratud, keskmine, tugev;
- kokkulepe tõendis: madal, keskmine, kõrge;
- kindlushinnang tõendile (sünteesivalt): väga madal, madal, keskmine, kõrge, väga kõrge.

Samas meetodilises võtmes peaks hindama kliimariske ka Eestis.

**21. sajandi tehnoloogilises vastassõltuvustega infoühiskonnas esineb üha rohkem õpitud abitust**, mis võib inimeste loomulikku kohanemisvõimet pärssida. See on teadlikkuse, käitumise, harjumuste ja kogemuse, kuid ka eetika küsimus. Abitust „õpetavad“ kõrgtehnoloogiad, mille käsitlemisoskus jääb puudulikuks või saab süsteemi töökindlus ja tõhusus rippuma n-ö kõige nõrgemast lülisest (Wise *et al.*, 2014). See küsimus on päevakorda kerkinud näiteks nutikates linnades erinevate automatiseeritud tehnoloogiate ühiskondades, kui süsteemide rivist välja löömiseks piisab hetkelisest elektri- või sidekatkestusest. Ka Eestis on ülereguleeritus probleemiks tõusmas, sõltumata praktilistest põhjustest ja pragmaatilistest lahendustest. Kliimakohanemisel, nagu inimese-looduse suhetes üldse, töötab endiselt kõige tõhusamalt nn talupojatarkus.

**Kohanemisvõimekus on kõrge teadaolevate ja kogetud riskide puhul, kuid madal kaudsetes ja komplekssetes mõjuahelates.** Kindlamalt saab kohanemistegevusi planeerida ja rakendada hiljutiste kliimasündmuste kogemuse ja õppetundide varal nagu seda oli 2005. aasta jaanuaritorm (Pärnus 9. jaanuaril 2005 oli mõõtmisajaloo kõrgeim veetase +272 sentimeetrit üle Kroonlinna nulli (Suursaar *et al.*, 2006)). Tartu linnavõimu ning Supilinna, Ülejõe ja Ihaste elanikke õpetas 2010. aasta kevadine suurvesi, mil Emajõe veetase maksimaalselt tõusis 3,29 meetrit üle kokkuleppelise normi (14. aprillil 2010) (joonis 4). Kuivõrd kasvab teadmus (aga ka asjaliste teadlikkus) kliimakohanemisest, on võimalik ka täpsemalt suunata ja läbi viia sihtuurin-guid. Eelkõige on vajalikud valdkonnaülesed sidusuuringud, näiteks üleujutuste või kuumalainete mõjust, kuid ka üksikteemad, iseäranis kaudsete ja komplekssete mõju-seostega tervisevaldkonnas. On selge, et tulevikuriskide hindamine ja puhverdamine, teaduslikkuse tõstmine ja ennetustöö täna säästab oluliselt raha ja ressursse tulevikus.



**Joonis 4.** Tartu Supilinna uuselamu Selleri tänaval aprillis 2010. Supilinna kui uuenevasse linna-ossa, ühtlasi üleujutusriskiga alale, on alates 2000. aastast ehitatud üle saja uue eluruumi. Tartu linna koostatavas üldplaneeringus on riskialale kavandatud kolmsada uut eluruumi. Riske maan-datakse ehitustehniliste võtete, mitte ultimatiivse ehituskeeluga. Foto autor: Indrek Ranniku.

## **Kohanemisuuringutest kohanemispoliitikani**

Kliimamuutused on Eesti linnadele juba mõju avaldamas ning üleujutuste ja tormidega tuleb ruumilisel planeerimisel ja linnakorralduses arvestada. KATI projekti analüüsides selgus, et loomulik ja reageeriv kohanemine ei ole probleemide teravnemisel piisav. Kliimamuutus võimendab olemasolevaid probleeme ning linnasüsteemid on oma dünaamikas üsnagi tundlikud (Albers & Bosch, 2015). Eesti linnades tuleb hakata rakendama lahendusi tormi-, üleujutus- ja erosiooniriski maandamiseks, soojussaare efekti leevendamiseks ning asustuse ja taristute kliimakindluse tõstmiseks, valides selleks sobilikumad võimalused maakasutuse suunamises ja linnaplaneerimises (Gauki artikkel). Planeeringute koostamisel tuleb arvesse võtta pikaajalisi kliimamuutuste riske, välja selgitada pikaajaliste kliimamuutuste mõjud ja linnakeskkonna haavatavus ning luua kliimamuutuste seiresüsteemid. Käesolevas kogumikus on põhjalikumalt analüüsitud üleujutuste (Gauki, Tamme, Rosentau jt, Tammepuu artikkel) ja kuumalainete teemat (Sepa jt artikkel tulevikukliima regioonidest, Sagrise jt ning Orru ja Tillmanni artikkel).

Suurim kliimarisk Eestis on seotud üleujutustega, kuivõrd rannajoon on ligi 4000 km pikk. Ranniku üleujutused ohustavad nelja linna ja kaheksat alevikku, üleujutusala hakkavad merevee tõusu tulemusena laienema juba alates 2030. aastast (Rosentau jt artikkel). Pärnu hoogsadude modelleerimine näitas ka tänavate ja parklate üleujutamise riske linnakeskkonnas (Tamme artikkel). Tiheasustuse tihedus, morfoloogia ning rohe- ja veealade osakaal linnamustris võimaldab üleujutusriske leevendada ja ka muutustega kohaneda.

Eesti linnade haavatavus kliimamuutuste suhtes sõltub eelkõige rahvastikuprotsessidest, milleks on rahvastiku kahanemine ja vananemine, iibe langus, aga ka kasvav ruumiline polariseerumine, suurlinnastumine, eeslinnastumine, väikelinnade kahanemine ja ääremaastumine. Kliimariskide sagenemine tulevikus on väga tõenäoline ning mitmete linnade haavatavus suureneb oluliselt seoses rahvastiku kiire kahanemisega (Gauki artikkel). Kuumalainete negatiivne mõju avaldus 2010. ja 2014. aasta kuumal suvel, millega kaasnes liigsuremus. Linnade soojussaare efekt ei avaldu mitte ainult suuremates linnades, vaid ka väiksemates tiheasumites. Samuti on paneelmajakvartalite elanikkond keskmisest vanemaalisem, mis tõstab asumite haavatavust kuumalainetest (Sagris jt artikkel).

Kohanemismeetmed peavad olema suunatud suurematele riskidele (Tammepuu ja Trossi artikkel) või võimalustele järgmistes eesmärkides:

- 1) tõsta teadlikkust;
- 2) tõsta vastupanuvõimekust erakordsetele ilmaoludele;
- 3) tegutseda pikaajaliste muutuste kaitseks;
- 4) uurida ja hankida tõendeid ohtudest ja riskidest, kus on suuri puudujääke, ebatäpsust ja määramatust.

Kõige otsesem vahend pikaajaliste kliimamuutustega arvestamisel ja riskide ennetamisel on ruumiline planeerimine, kusjuures lahenduseks, meetmeks tuleb valida õige mõõtkava (Kuusiku artikkel). Siin sõltub palju omavalitsuste ja maavalitsuste

planeerimisalasest pädevusest ning sellest, millised on kaalutlused. Paraku – kõige lihtsam on ju keelata! Praktilise väärtusega oleks üld- ja detailplaneeringu tasandil pilootprojektide koostamine riskialadele, ühtlasi saaks nende raames teha soovitusi projekteerimistingimustes osas (nt hoonestu ja haljastuse, sademevee ärajuhtimise osas). Pilootprojektid oma innovaatiliste praktiliste lahendustega annaksid omakorda edasiarendusi nii õigusloomesse kui uuringusuundadesse. Kliimakohanemine seisab sageli ka täpsema andmestiku taga, uurimist vajaks näiteks suuremate linnade mikrokliima, paremas ruumilises täpsuses tuleks kaardistada riske ja haavatavust. Teadusmeetmete rakendamine ei ole üldjuhul kuigi keerukas, kuid neil on pikaajaline mõju – teavitustööd tuleb laiendada, kuid ka tugevdada ning seda nii avalikkuse kui ametkondade suunal, eriti arvestades madalat teadlikkuse taset Eestis (Orru ja Tillmanni artikkel).

Linnade rakendusmeetmed saab jagada „rohelisteks“, „sinisteks“ ja „hallideks“ (EEA, 2013). Uue teemana tuleks Eestis hakata tegelema kuumalainete ja soojusaarte riskiga. Üleujutustest ja tormidest tingitud võimalike kahjude ennetamist ja riskide maandamist peaks laiendama maakasutuslike võtete abil. Rohelised meetmed seonduvad rohealade hooldamise ja rajamisega, et maandada üleujutuste ja kuumalainetega seonduvaid riske. Rohevõrgustiku ja ökosüsteemi teenuste rakendamine planeerimisvõttena riske puhverdades on ka seni olnud üsna levinud, ületähtsustamata seejuures kliimakohanemise aspekte. Sinised meetmed on seotud vee jahutava mõju kasutamise soodustamisega – neid on Eestis seni minimaalselt rakendatud. Hallid meetmed on seotud ehitustehniliste lahendustega, mis on seoses energiatõhususe tõstmisega laiemalt levimas. Mõned lahendused on lihtsad ja üldse mitte ülemäära kulukad, näiteks elektrikilpide tõstmine üleujutuse veemärgist kõrgemale. Rakendusmeetmete elluviimine osutub üldjuhul kohalike omavalitsuste või taristufirmade ülesandeks, kuid oluline on kaasata ka kinnisvaraarendajaid, omanikke ja tarbijaskonda. Meedet tuleb rakendada ka õiges mõõtkavas – kas ohte saab ennetada, esiteks, hoone ja tänava tasemel, teiseks, asumis või, kolmandaks, kogu linna ja isegi linnaregiooni tasandil.

On üsna kindel, et kliimamuutustega kohanemise meetmete rakendamine sõltub ühiskonna valulävest, selle ületamisest, kui kahjud, eeskätt tingituna poliitilisest passiivsusest, formaalsusest ja mittetegutsemisest, on kahetsemist väärt. Me võime täiustada analüüsimudeleid ja panna tulevikusimulatsioonid järjest täpsemalt jooksmas, kuid enamasti ei suuda tulemustele kinnitust leida, neid valideerida. Teiseks, mida pikemalt me oleme sunnitud ette vaatama, ja kliimamuutuste kohta visandame me ju 21. sajandi lõppu, seda ebatäpsemaks muutuvad stsenaariumides ja prognoosides tuletatud ohuolukorrad ja riskihinnangud. Iseküsimus on riiklike poliitiliste reaalteetide ja rahastamiskompromisside arvestamises, haldusvõimekuse tõstmises ning ühiskonna kliimasõbraliku või vähemasti kliimanetraalse käitumise kujundamises Euroopa Liidu ja maailma kliimapoliitika eeslinil. Sõltub, millised, kui moraalsed, ettevaatavad või eluolulised on poliitikute, otsustajate, ettevõtjate ja kodanike valikud. Paljusid vajalikke kohanemisteggevusi saab korraldada valdkonnapoliitikate peavoolus (*mainstreaming*), aga jäävad ka probleemid, mida saab lahendada vaid spetsiaalsete

sammudega, pühendudes esmajärjekorras kliimariski ennetamisele või maandamisele (*dedicated policy*). Lõpetades ühiskonnakriitiliselt, Naomi Klein (2014) vastandas oma raamatus majandusjõud kliimamuutusele ja -poliitikale pealkirja all: „See muudab kõike. Kapitalism vs kliima“.

## Kasutatud kirjandus

- Albers, R. A. W. & Bosch, P. R. (2015). Overview of challenges and achievements in the climate adaptation of cities and in the Climate Proof Cities programm. *Building and Environment*, 83, 1–10.
- BALTSEAPLAN (2012). Planning the future of the Baltic Sea.
- BALTADAPT (2013). The BALTADAPT project. Baltic Sea Region Climate Change Adaptation Strategy. Action plan. <http://www.cbss.org/wp-content/uploads/2015/06/BSR-Climate-Adaptation-Action-Plan.pdf>
- Bowen, K. J. & Friel, S. (2012). Climate change adaptation: where does global health fit in the agenda? *Global. Health*, 8, 1–7.
- Closing the Climategate (2010). Editorial. *Nature*, 468, 345.
- COM 216 (2013). Komisjoni teatis Euroopa parlamendile, nõukogule, Euroopa majandus- ja sotsiaalkomiteele ning Regioonide komiteele: Kliimamuutustega kohanemist käsitlev ELi strateegia /COM/2013/0216 final/. European Commission. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013DC0216>
- EEA (2013). Adaptation in Europe. EEA Report No 3/2013. 132 pp.
- EEA (2014). National adaptation policy processes in European countries – 2014. EEA Report No 4/2014. 130 pp.
- ESPON (2011). Climate change and territorial effects on regions and local economies. Scientific Report. Luxembourg.
- Fankhauser, S. & Soare, R. (2014). An Economic Approach to Adaptation: Illustrations from Europe, *Climatic Change*, 118, 367–379.
- GEC (2014). GEC special edition – Reframing adaptation pathways. *Global Environmental Change*, 28, 322–324.
- Groot, A. M. E. *et al.* (2015). Integration in urban climate adaptation: Lessons from Rotterdam on integration between scientific disciplines and integration between scientific and stakeholder knowledge. *Building and Environment*, 83, 177–188.
- IPCC (2007). Climate Change 2007, the Fourth Assessment Report.
- IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- IPCC (2014). The Fifth Assessment Report.
- Klein, N. (2014). This changes everything. Capitalism vs the Climate. Allen Lane.
- Kreft, S. *et al.* (2014). Global Climate Risk Index 2015. Who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2013 and 1994 to 2013. Germanwatch. <https://germanwatch.org/en/9470>.
- Kriegler, E. *et al.* (2014). A new scenario framework for climate change research: the concept of shared climate policy assumptions. *Climatic Change*, 122 (3), 401–414.

- Luhamaa, A., Kallis, A., Mändla, K., Männik, A., Pedusaar, T. & Rosin, K. (2015). Eesti tuleviku kliima stsenaariumid aastani 2100. Lepingulise töö aruanne projekti “Eesti riikliku kliimamuutuste mõjuga kohanemise strateegia ja rakenduskava ettepaneku väljatöötamine” lisana. Keskkonnaagentuur.
- Müller, B. (2011). Urban and regional resilience – A new catchword or a consistent concept for research and practice? In: German Annual of Spatial Research and Policy, 1–13.
- Ranger, N., Reeder, T. & Lowe, J. (2013). Addressing ‘deep’ uncertainty over long-term climate in major infrastructure projects: four innovations of the Thames Estuary 2100 Project. Eur. J. Decis. Process. 1, 233–262.
- Ren, Z. E., Chen, Z. D. & Wang, X. M. (2011). Climate change adaptation pathways for Australian residential buildings. Build. Environ. 46, 2398–2412.
- Roggema, R., Vermeend, T. & van den Dobbelsteen, A. (2012). Incremental change, transition or transformation? optimising change pathways for climate adaptation in spatial planning. Sustainability 4, 2525–2549.
- SWD 134 (2013). 134 final. Guidelines on developing adaptation strategies. European Commission, Brussels, 16.4.2013.
- Suursaar, Ü., Kullas, T., Otsmann, M., Saaremäe, I., Kuik, J. & Merilain, M. (2006). Cyclone Gudrun in January 2005 and modelling its hydrodynamic consequences in the Estonian coastal waters. Boreal Environment Research, 11(2), 143–159.
- Tammets, T. (2012). Eesti ilma riskid. Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. 2., täiendatud ja parandatud trükk. Tallinn, 152 lk.
- Tarand, A., Jaagus, J. & Kallis, A., (2013). Eesti kliima minevikus ja tänapäeval. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- TNS Opinion & Social (2014). Special Eurobarometer 409 CLIMATE CHANGE report. [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/public_opinion/index_en.htm).
- Tyler, S. & Moench, M. (2012). A framework for urban climate resilience. Climate and development, 4 (4), 311–326.
- Werners, S. E. *et al.* (2013). Thresholds, tipping and turning points for sustainability under climate change. Current Opinion Environmental Sustainability, 5, 334–340.
- Westley, F. *et al.* (2011). Tipping toward sustainability: emerging pathways of transformation. Ambio, 40, 762–780.
- Wise, R. M. *et al.* (2014). Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response. Global Environmental Change, 28, 325–336.



## Kliimamuutustega kohanemise klimatoloogilised aspektid

Mait Sepp

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### Sissejuhatus

20. sajandit on sageli nimetatud aatomisajandiks, vihjates teaduse ja tehnika saavutustele tuumaenergia taltsutamisel. Kuid samahästi võib möödunud sajandit nimetada ka kliimasajandiks. Ühelt poolt tegi teadus tohutu hüppe ilmastikuprotsesside mõistmisel, modelleerimisel ja seeläbi ka ilmaennustuse valdkonnas. Teiselt poolt on 20. sajandi jooksul toimunud erakordne kliima soojenemine. See protsess on olnud globaalse ulatusega, kuid mõnedes piirkondades, näiteks Arktika, aga ka Läänemere ümbruses, on soojenemine olnud eriti intensiivne (IPCC, 2014; BACC, 2015).

Kuigi kasvuhoonegaaside ja õhutemperatuuri vahelise seose tõestas Svante Arrhenius matemaatiliselt juba 19. sajandi lõpus ning CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni pidevat tõusu seiratakse Mauna Loal juba 1956. aastast, jõudis kliima soojenemise probleem avalikkuse teadvusesse alles 1979. aastal peetud „Esimesel Maailma Kliima Konverentsil“. 12.–23. veebruaril 1979 Genfis peetud konverentsil võeti vastu „Maailma Kliima Programm“ ja „Maailma Kliimauurimise Programm.“ Ühtlasi pandi alus mõttele, mis viis 1988. aastal Valitsustevahelise Kliimamuutuste Paneeli (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, lühend IPCC) loomisele (WMO, 2015). IPCC on kujunenud mõjuvõimsaks rahvusvaheliseks organisatsiooniks, mis suunab oma autoriteetsete aruannete ja avaldustega ühtse globaalse kliimapolitiika kujundamist. Regulaarselt ilmuvaid IPCC kliimaraporteid – viimane, viies raport ilmus 2014. aastal (IPCC, 2014) – võib ühtlasi pidada atmosfääriteaduste hetkeseisu täpseimaks ülevaateks. Teaduslikus mõttes võib IPCC analoogiks Läänemere regioonis pidada projekti BALTEX (*The Baltic Sea Experiment*) ja selle jätkuprojekti „*Baltic Earth*“ tegevust. BALTEXiga seotud teadlased andsid 2008. aastal välja raamatu (BACC, 2008), milles analüüsitakse põhjalikult Läänemere ja selle lähima ümbruse (Läänemere valgala) praegust seisundit, kliimamuutusi ja tulevikuprojektsioone. „*Baltic Earth*“ avaldas 2015. aasta mais analüüsi täiendatud väljaande (BACC, 2015).

Alates kliima soojenemise probleemi teadvustamisest on maailma üldsus püüdnud keskenduda kliimamuutuste peamise kahtlusaluse – inimkonna poolt atmosfääri paisatavate kasvuhoonegaaside – ohjamisele. Selle tegevuse tulemusel on allkirjastatud mitmeid rahvusvahelisi leppeid, mis kohustavad riike vähendama kasvuhoonegaaside emissiooni. Kliimamuutustega kohanemist on aga peetud millekski selliseks, mis tähistaks kasvuhoonegaaside emissiooni piiramise läbikukkumist (Albrecht *et al.*, 2014).

Viimasel kümnendil on aga mõistetud, et isegi, kui inimkond lõpetaks kohe kasvuhoonegaaside atmosfääri paiskamise, jätkuks kliima soojenemine veel aastakümneid. Seega on võetud üldpoliitiline suund lisaks kliimamuutuste leevendamisele ehk emissioonide vähendamisele tegeleda ka kliimamuutustega kohanemisega (IPCC, 2014; Albrecht *et al.*, 2014).

Kliimamuutustega kohanemise meetmete väljatöötamisel tõstatub aga väga praktiline küsimus – milline saab olema tulevikukliima? Kuigi 1960ndatest, mil ilmusid esimesed, nn 0-dimensionaalsed kliimamudelid, pärast mida on kliima modelleerimine teinud läbi hämmastava arengutee, on ka praegu nende abil tuleviku ilmastiku ennustamine täis vastuolusid, vaieldavusi ja määramatust. Iga tõsiseltvõetava kliimaanalüüsi lahutamatuks osaks on mudelite võimekuse ja tulemuste määramatuse hinnang. Näiteks on uues BACC (2015) raamatus autorite poolt esitatud põhjalik ja küllaltki kriitiline ülevaade (ptk 10) Läänemere piirkonna kliima modelleerimiseks kasutatud mudelitest ja meetoditest. Viidatud peatükis rõhutatakse, et vaatamata modelleerimise edusammudele ja faktile, et maailmas on loodud kümneid kliimamudeleid, ei saa ühtegi neist pidada sedavõrd ideaalseks, et see kirjeldaks kõiki atmosfääriprotsesse võrdselt hästi. Seetõttu on tänapäeval tavaliseks võtteks kasutada ühe mudeli asemel mudelite gruppi ehk ansamblit. See võimaldab mõne mudeli nõrkusi kompenseerida teiste tugevustega ja keskmiste tasemel esitada usaldusväärseid tulevikuprognose. Paraku on praegusel teadmiste tasemel pea kõikide modelleerimiskatsetuste ühiseks jooneks see, et mudelid kipuvad antropogeenset kliima soojenemist üle hindama (BACC, 2015; Luhamaa jt, 2015).

Eestis on kliima tulevikuvisionidega tegeletud suhteliselt vähe. Arutelud tulevikukliima ja kliimamuutuste üle käivad küll teadlaskonnas, kuid jätavad Eesti ühiskonna selles globaalprobleemis üsna jahedaks. Avaliku huvi puudumine omakorda pole sundinud ka Eesti teadlasi temaga põhjalikumalt, kliimapoliitika võtmes tegelema. Kõige tõsisemaks teadusplatvormiks Eestis on „Keskkonnamuutustele kohanemise tippkeskus“ ehk ENVIRON (ENVIRON, 2015), kuid põhiliselt on selle huvikeskmes looduskeskkonna kliimamuutustele reageerimise uurimine.

Samas ei saa öelda, et kliimamuutustega kohanemise strateegia koostamine, sh KATI projekt oleks päris esimene katse vaadata, kuidas kliima tulevikus muutub ja mida see võib Eesti erinevatele eluvaldkondadele kaasa tuua. 1990ndatel viidi suhteliselt sarnased kliimamuutuste mõjude analüüsid läbi „Country Case Study“ programmi toetusel. Selle programmi analüüsid on kokku võetud paaris artiklikogumikus ja lõpparuandes (Punning, 1996; Kallaste & Kuldna, 1998; Tarand & Kallaste, 1998). Käesoleva projekti aluseks olevate mudelarvutuste (Luhamaa jt, 2015), toona emissiooni- ning kliimamudelite paketi MAGICC2 ja emissiooni stsenaariumite generaatori SCENGEN alusel saadud temperatuuri ning sademete andmete (Kallaste & Kuldna, 1998) põgusal võrdlusel tundub, et 1990ndate mudelid hindasid kliima soojenemise kiirust tugevalt üle.

Viimase viie aasta teaduskirjanduse loeteludest õnnestus autoril leida vaid kaks eelretsenseeritud artiklit, kus kliimamudelitest saadud pikaajalisi prognoose on kasutatud

mõne Eesti keskkonnanäitaja käitumise ennustamiseks. Jaagus ja Mändla (2014) kombineerisid erinevaid emissioonistsenaariumeid ja kliimamudeleid, mis kirjeldasid mis kirjeldasid tänapäeva kliimat kõige paremini ning uurisid, milliseks kujunevad temperatuuri- ja sademete olud perioodil 2070–2099. Leiti, et mudelid üldiselt alahindavad tänapäeva õhutemperatuuri. Tulevikus on õhutemperatuur olenevalt stsenaariumist 3–4 °C kõrgem ja sademete summa 10–20% suurem kui modelleerimise normkliima perioodil 1961–1990. Saue ja Kadaja (2011) uurisid erinevate emissioonistsenaariumite rakendumisel kujuneva Eesti ilmastiku võimalikku mõju kartuli saagikusele. Vaatamata otseste kliimaennustuste vähesusele on üsna palju rahvusvahelisi töid, kus keskkonnanäitajate käitumise ennustamisel tulevikukliima oludes on osalenud Eesti teadlased või kasutatud Eesti andmeid ja uuringutulemusi.

Kliimamuutustega kohanemise seisukohalt jääb ikkagi õhku küsimus, mida see igapäevases elus ehk absoluutarvudes väljendatuna tähendab, kui mudelid ennustavad, et näiteks 21. sajandi lõpus on õhutemperatuur nn normkliimast 2–4 kraadi kõrgem. Milliseid tõlgendusi ja sünteesivaid järeldusi saab teha konkreetsemalt olulisemate ilmanäitajate ja -nähtuste kohta, sellest ongi järgnevalt juttu.

## **Andmed**

Käesoleva töö aluseks on Keskkonnaagentuuris teostatud projekt, mille käigus modelleeriti kliimamuutusi Eestis perioodil 2041–2070 ja 2071–2100 (Luhamaa jt, 2015). Modelleerimise töövahendiks oli projekti EURO-CORDEX käigus koondatud peamiselt Põhjamaades loodud kliimamudelite ansambel. Töö aluseks võeti kaks IPCC kasvuhoonegaaside emissiooni stsenaariumit. Põhiststsenaariumiks oli realistlik stsenaarium (IPCC järgi kannab see nime RCP4.5), mille kohaselt inimkond suudab kasvuhoonegaaside heitekogustes kokku leppida ning neid ajapikku piirata. Pessimistlikuks lisastsenaariumiks valiti RCP8.5, mille kohaselt jätkub üsna kontrollimatult kasvuhoonegaaside paiskamine atmosfääri (IPCC, 2014; Luhamaa jt, 2015). Normkliima perioodiks, mille suhtes muutusi arvatati, oli 1971–2000 (Luhamaa jt, 2015).

Kliimamuutuste väljendamiseks on käesolevas töös kasutatud Türi meteoroloogiajaamas mõõdetud õhutemperatuuri ja sademete andmeid perioodil 1951–2010 ning normkliimaperioodil 1971–2000. Riigi ilmateenistusest saadud andmeid korrastati ja töödeldi KESTA programmi EstKliima projektis. Türi ilmajaama andmed on valitud seetõttu, et need kirjeldavad küllaltki hästi suure osa Mandri-Eesti ilmastikust (Kadaja, 1999) ja teadaolevalt pole ilmajaama asukohas ja ümbruses toimunud suuri muutusi, mis võiksid tekitada homogeensusprobleeme. Tuleb siiski meele pidada, et Eesti rannikul (sh Tallinnas) ja saartel, nagu ka Kirde- ja Kagu-Eestis, on kliimaolud pisut teistsugused kui Kesk-Eestis.

Mitme ilmastikunäitaja puhul on muutuste iseloomustamiseks lisaks normkliima perioodile kasutatud erinevaid ajavahemikke. Näiteks EstKliima raames tehtud tödest tulenevalt on kasutatud perioodi 1950–2013, raamatus „Eesti kliima minevikus

ja tänapäeval“ on kasutatud perioodi 1966–2010 (Tarand jt, 2013). Kuna EstKliima käigus kogutud andmed pole tingimata ühepikkused, siis esineb võrdlusperioodides mõneastaseid erinevusi. Peamiselt on arutus tulevikukliima muutuste väljendami- seks kõrvutatud kahte 30-aastast perioodi – 1951–1980 ja 1981–2010.

## **Metoodika**

Kliimariskide hindamise üks olulisemaid küsimusi on, kuidas tulevikustsenaariumite poolt ennustatud õhutemperatuuri, sademeid jt klimatoloogilisi andmeid tõlgendada. Probleem on selles, et mudelarvutuste tavalisel väljundil, sealhulgas aasta või kuu keskmisel õhutemperatuuril on väike rakenduslik väärtus. Nii näiteks on taimekasvatuses oluline hoopis vegetatsiooni- või öökülmaavaba perioodi pikkus. Nende näitajate puhul on küll statistiline seos kuu keskmiste temperatuuridega olemas, kuid see on nõrk ega aita mõjusid täpsemalt hinnata. Tegelikult oleks vaja iga vastava rakendusülesande lahendamiseks teha eraldi modelleerimine, kus kliimamudeleid parametrizeeritakse lähtuvalt ülesande vajadustest.

Meteoroloogiliste näitajate kuu keskmiste alusel saab siiski teatavaid üldistusi teha ja neist tuletada nii-öelda teiseseid ilmaandmed. Antud juhul võib lähtuda kahest mõtteviisist.

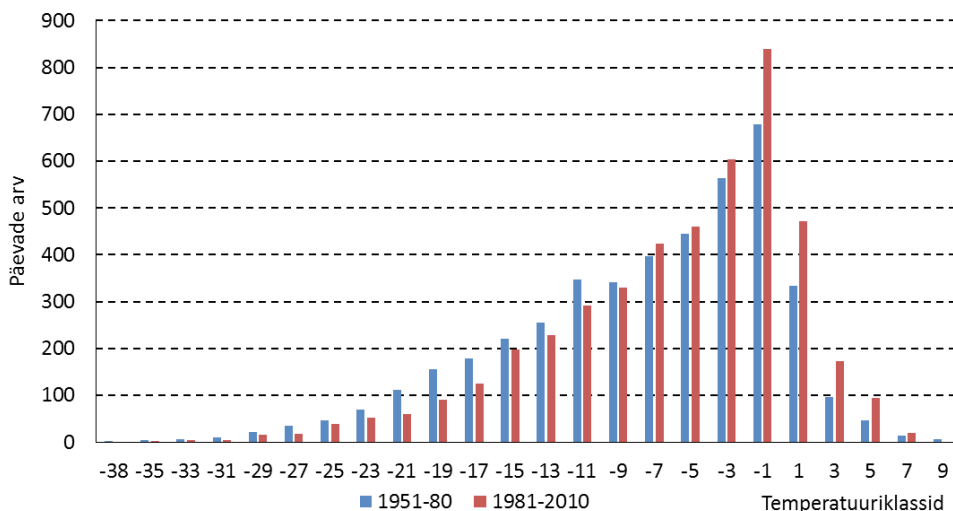
Esiteks eeldatakse, et ennustatavas tulevikus säilib samasugune ilmade struktuur ja muster nagu kontrollperioodil (antud juhul 1971–2000). Nõnda esineks perioodil 2041–2070 ja 2071–2100 sama palju näiteks arktilise õhu sissetunge või suviseid kuumalaineid kui kontrollperioodil. Ent kliima üldise soojenemise tõttu ei ole õhu-temperatuur kuumalaine puhul mitte +27 °C, vaid +30 °C.

Seega võib võtta kontrollperioodi ööpäeva õhutemperatuuri andmed ja neile liita tulevikustsenaariumis esitatud vastava kuu soojenemise koefitsient. Selle liitmistehte alusel nihkunud temperatuuride alusel saab leida mitmeid rakendusülesannetes vajalikke õhutemperatuuri indekseid, sh 30-aastase perioodi keskmisi sesoonide algus- ja lõpukuupäevi, vegetatsiooni- jt vastavate perioodide pikkusi sooja poolaastal. 30-aastase perioodi keskmiste tasemel on tulemused suhteliselt usaldusväärsed ja võimalik viga väike.

Siiski tuleb tähele panna, et talve ja külma poolaasta temperatuuride nagu ka sademete andmete puhul selline mehaaniline liitmine ei tööta. Mängu tuleb nii-öelda jaotuste küsimus. Külmal poolaastal – klimatoloogias traditsiooniliselt viis kuud ehk NDJVM, mil sademed tulevad tahkel kujul – on ööpäeva keskmiste temperatuuride esinemissageduse jaotuses väga kõrge piik 0 °C ümber. See tähendab, et näiteks normkliima perioodil valitses ligi neljandikul külma poolaasta päevadest õhutemperatuur vahemikus -1 kuni +1 °C. Liitmistehtega nihkub see piik kunstlikult ca +4 °C kanti ja selle alusel võime teha eksitava järelduse, et tulevikus näiteks kiilasjää oht Eesti teedel väheneb või isegi kaob. Tegelikult ei ütle pikaajalise keskmise muut seda, millises temperatuuri jaotuse osas muutus toimuma hakkab. Statistilises mõttes võib keskmine

temperatuur tõusta ühte moodi seeläbi, kui külmasid ja eriti külmasid ilmasid jääb vähemaks või kui eriti soojade päevade arv suureneb. Ent talve ja külma poolaasta puhul võib keskmine tõusta ka siis, kui 0-kraadise temperatuuriga päevade esinemissagedus tõuseb ehk sisuliselt kiilasjää ohuga päevad sagenevad.

Seetõttu tuleb tulevikustsenaariumite interpreteerimisel võtta aluseks teine mõtteviis: tulevikukliimas süvenevad need tendentsid, mis on juba praegu märgatavad. Kui võrrelda külma poolaasta õhutemperatuuri muutusi Türi perioodil 1951–1980 ja 1981–2010, siis esimese perioodi keskmine on  $-7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja teisel  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Seostades seda soojenemist muutustega ööpäeva keskmise õhutemperatuuri jaotuses, siis senine soojenemine on tingitud nii üle  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  olevate päevade esinemissageduse tõusust kui ka just  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  lähedase temperatuuriga päevade arvu suurenemisest. Kui esimesel perioodil oli  $-1$  kuni  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  vahemikku jääva õhutemperatuuriga päevi 23%, siis teisel perioodil 29% (joonis 1). Kui 30 aastaga tõusis keskmine temperatuur  $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja 0-kraadiste päevade osatähtsus 6% võrra, siis võime luua matemaatilise mudeli, mis ennustab, kui suureks kasvab 0-kraadiste päevade osatähtsus näiteks stsenaariumi RCP8.5 realiseerumisel perioodil 2071–2100, kui külma poolaasta keskmine temperatuur on tõenäoliselt  $-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  (hinnanguliselt ca 50%).



**Joonis 1.** Külma poolaasta (NDJVM) ööpäeva keskmise temperatuuri jaotus temperatuuriklasside kaupa perioodil 1951–1980 (sinised tulbad) ja 1981–2010 (punased). Klass „-3“ sisaldab päevi, mille ööpäeva keskmine temperatuur jääb vahemikku  $-3,4$  kuni  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Väärrib siiski rõhutamist, et sellised matemaatilised mudelid on vaid teoreetilised ning nende alusel tendentside „süvendamisel“ tulevikus on väga suur osa määramatusel. Siiski tuleb jaotussageduste küsimust tõsiselt võtta (eriti sademete puhul), kuna suur

osa kliimamuutustest ei toimu mitte lihtsalt keskmiste nihkena, vaid läbi teatud sündmuste esinemissageduse tõusu.

Paraku jõuame siin ühe tulevikukliima ennustamise paradoksini: kliimamudelite väljundid 30 aasta keskmistena on küllaltki usaldusväärsed, kuid mida detailsemaks läheb prognoos, seda suuremaks kasvab määramatus. Sellise pikaajalise keskmise puhul on aastatevahelised ilmastiku kõikumised taandatud ja statistilises mõttes pääseb esiplaanile vastavast emissioonistsenaariumist johtuv kasvuhoonegaaside kliimat soojendav mõju. See tähendab, et tegelikult ei anna praegused kliimamudelid meile vastust, milliste ilmalehhanismidega soojenemine tulevikus toimub. Praktilisest vaatepunktist on aga väga oluline teada, kuidas talvede soojenemine tegelikult toimub. Kas keskmise temperatuuri tõus toimub pakasepäevade vähenemise tõttu või sagenevad hoopis 0-kraadised ilmad? Kliimamuutustega kohanemise seisukohalt on nendel protsessidel vägagi erinev mõju.

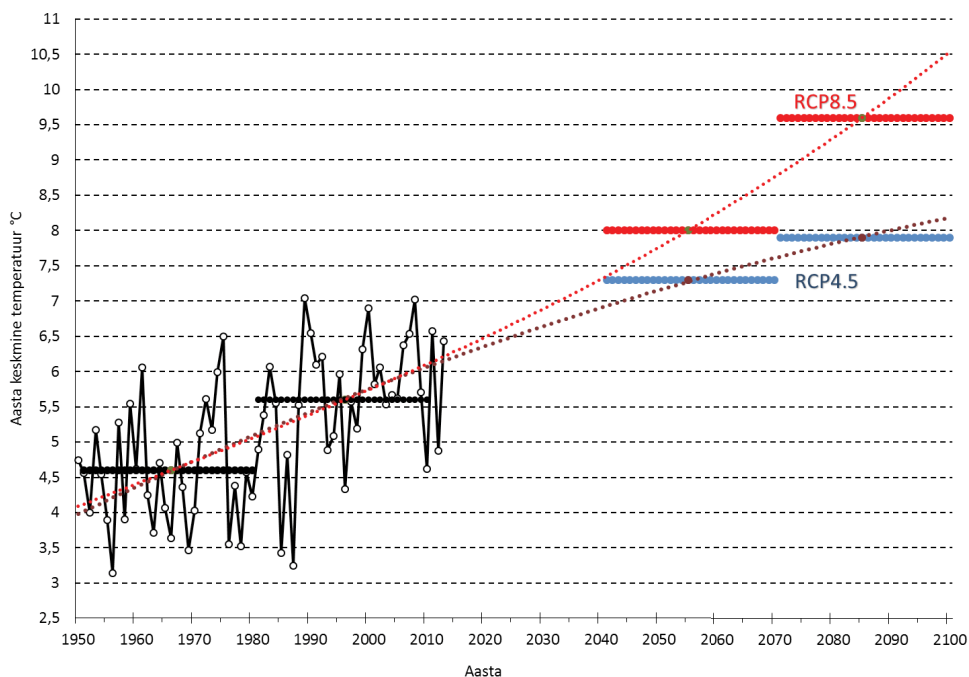
Siiski annavad ka sesoonide ja kuude keskmised teatava ülevaate nendest tendentsidest, mis Eestit seoses muutuva kliimaga ees ootab. Kombineerides kliimamudelite väljundeid käimasolevate protsesside ja minevikukliima õppetundidega, võime hinnata neid ohte, milleks me tulevikus peame valmis olema. Kuid siiski peab autor vajalikuks hoiatada, et allpool esitatud temperatuurikümnendikke ja sademete millimeetreid ei tohiks võtta ülemäära tõsiselt. Siin on lisaks modelleerimise määramatusele ja eespool toodud meetodilistele nüanssidele, mis vajavad edasist uurimist, veel üks detail. Nimelt on Luhamaa jt (2015) esitanud tulevikuprognoosi arvud modelleerimisdomeeni keskmistena. See tähendab, et Eesti-sisene mikrokliimaatiline varieeruvus on täielikult välja taandatud. Lisaks haarab modelleerimise eripärade tõttu domeen kogu Soome lahe ja ka väikese osa Edela-Soomest, mistõttu on mere mõju keskmistes näitajates ülesindatud.

## **Tuleviku õhutemperatuur**

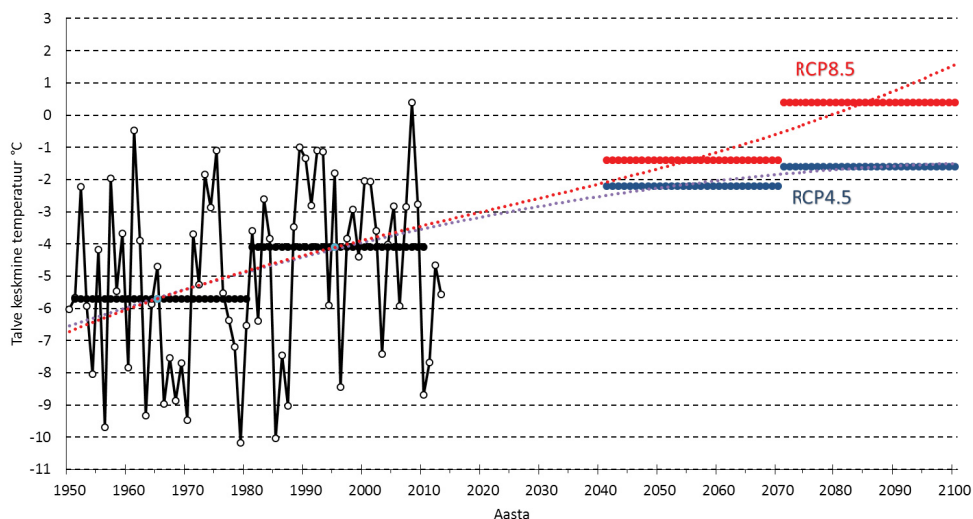
Järgnevalt kirjeldatakse, millised muutused tulevikukliima õhutemperatuuris normkliima perioodiga 1971–2000 võrdluses Eestit ees ootavad, milliseks kujuneb aasta, talve ja suve keskmine õhutemperatuur. Seejuures tuleb arvestada, et õhutemperatuuril on Eestis küllaltki tähelepanuväärne territoriaalne varieeruvus. Üsna selgelt eristuvad rannikualad ja Eesti idaosa. Näiteks Vilsandi ja Väike-Maarja õhutemperatuuride pikaajaline aasta keskmine erineb teineteisest 2,2 °C (vastavalt 6,8 °C ja 4,6 °C; Tarand jt, 2013). Aastaaegade lõikes on temperatuuride erinevused veelgi suuremad ning harukordsetel juhtudel võivad ööpäevased erinevused Eesti erinevates osades ulatuda kuni 15ne kraadini. Eesti puhul tuleb arvestada ka õhutemperatuuride suure ajalise varieeruvusega. Näiteks Türil on normkliima perioodil aasta keskmiste temperatuuride miinimumiks 3,3 °C (1987) ja maksimumiks 7,0 °C (1989). Aasta keskmine õhutemperatuur on statistilises mõttes peamiselt ära määratud talve keskmise temperatuuriga. Tulenevalt Eesti asukohast atlantilise ja mandrilise kliima piiril varieerub see väga suures ulatuses. Normkliima perioodil oli kõige soojem talv 1989. aastal, mil Türil oli

keskmiseks temperatuuriks  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Madalaim talve keskmine temperatuur,  $-10,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  oli aastal 1985, 1987. aastal oli talve keskmine  $-9,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

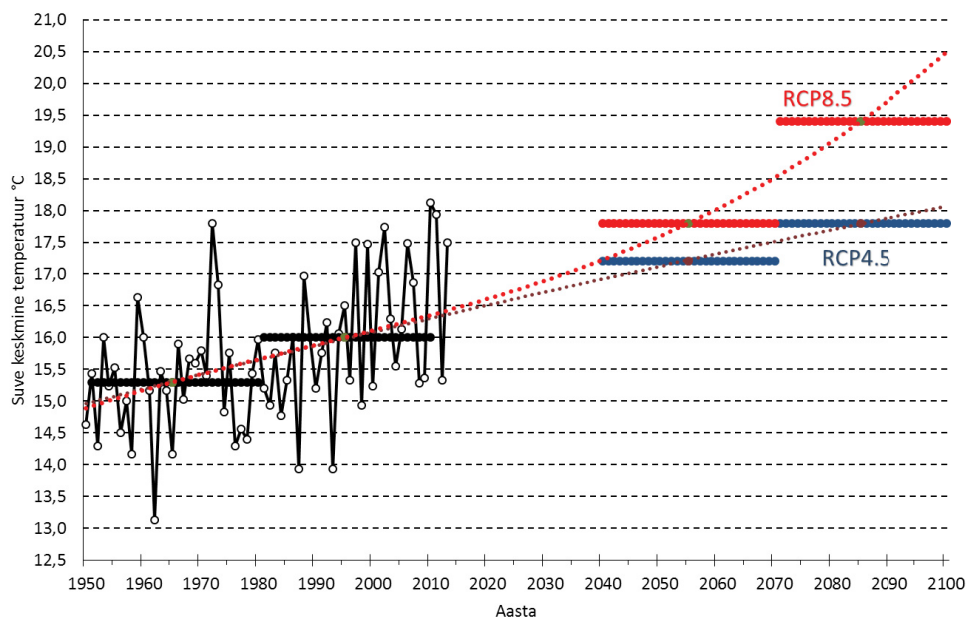
Liites Luhamaa jt (2015) poolt ennustatud aasta keskmiste soojenemise väärtused normkliima andmetele, võime hinnata, kuidas õhutemperatuurid tulevikus tõusevad (joonis 2). Näitlikustamiseks on muutuste tasemed ühendatud polünoomjoonega. Jooniselt 2 võib näha, et viimase 60 aasta jooksul on Eesti kliima juba väga järsult soojenenud. Perioodi 1981–2010 keskmine on eelnevast, aastate 1951–1980 keskmisest ühe kraadi võrra kõrgem. Ent, kui järgneva 30–40 aasta jooksul tõuseb aasta keskmine õhutemperatuur 2–3 kraadi võrra, siis see tähendab soojenemise järsku kiirenemist. Ühtlasi tuleb tähele panna, et seni (joonisel 2 kujutatud perioodil 1950–2013) pole ühegi aasta keskmine olnud lähedal või ületanud ka mõõduka stsenaariumi, RCP4.5 aasta keskmisi perioodil 2041–2070. Tulevikukliima soojenemise kohta meil seni analoogne kogemus lähiminevikust puudub.



**Joonis 2.** Tänapäeva (periood 1951–2013) aasta keskmine õhutemperatuur Türi meteoroloogiajaama andmetel (must joon) ja tulevikuproгноos perioodi 2041–2070 ja 2071–2100 kohta. Punasega on tähistatud tulevikustsenaarium RCP8.5, sinisega stsenaarium RCP4.5.



**Joonis 3.** Tänapäeva (periood 1951–2013) talve keskmine õhutemperatuur Türi meteoroloogiajaama andmetel (must joon) ja tulevikuprognosis perioodi 2041–2070 ja 2071–2100 kohta. Punasega on tähistatud tulevikustsenaarium RCP8.5, sinisega stsenaarium RCP4.5.



**Joonis 4.** Tänapäeva (periood 1951–2013) suve keskmine õhutemperatuur Türi meteoroloogiajaama andmetel (must joon) ja tulevikuprognosis perioodi 2041–2070 ja 2071–2100 kohta. Punasega on tähistatud tulevikustsenaarium RCP8.5, sinisega stsenaarium RCP4.5.



Eesti kliima on seni kõige kiiremini soojenenud kevade ja talve arvelt. Kui pool sajandit tagasi oli näiteks märts talvekuu, siis nüüd on see klimatoloogilises mõttes kevad (Tarand jt, 2013). Ka Türi ilmajaama andmed näitavad perioodi 1951–1980 ja 1981–2010 võrdlusel talvede küllaltki drastilist soojenemist (joonis 3). Nende kolmekümneaastaste perioodide vahe on 1,6 °C. Lisaks võib tähele panna, et kuna Eesti talvede temperatuur on aastate vahel äärmiselt varieeruv, siis meil on olnud juba talv (2008), mille keskmine õhutemperatuur on olnud sama kõrge kui pessimistliku stsenaariumi RCP8.5 järgi on sajandi lõpu keskmised talved. 2008. aasta laadsed soojad talved on tulevikureaalsuses keskmiseks ehk normiks. See omakorda tähendab, et tuleviku erakordselt soojad talved hakkavad olema sellised, mille keskmine temperatuur võib olla ca +5 °C, ehk siis ootavad meid ees talved, mil vegetatsiooniperiood ei katke.

Suve temperatuurid on seni samuti näidanud tõusutendentse, kuid muutused ei ole nii suured kui talvel. Perioodi 1951–1980 ja 1981–2010 vahe on 0,7 °C ja tuleviku suved saavad olema ca 2 °C võrra soojemad. Ent RCP8.5 realiseerumisel on sajandi lõpu suved perioodiga 1981–2010 võrreldes 3,4 °C võrra soojemad ja keskmise suve keskmine temperatuur on 19,4 °C (joonis 4). Praktikas võib see aga tähendada, et mõni suvi võib kujuneda selliseks, kus kuu või kaks püsivad inimese tervisele ohtlikult kõrged ööpäeva maksimumtemperatuurid (>+27 °C).

## **Teised temperatuurinäitajad**

Nagu metoodika peatükis mainitud, võime ühe tuleviku visualiseerimise võttena liita normkliima ööpäeva andmetele mudelitest saadud soojenemise väärtused ja eeldada, et ka tulevikus säilib sama ilmade struktuur. Sellise võtte abil saame hinnata mõningaid teiseseid kliimanäitajaid nagu näiteks teatud temperatuurivahemikku kirjeldavate päevade esinemissagedus või perioodide pikkus. Järgnevalt on näiteks toodud pakase- ja kuumapäevade arvu ja öökülmavaba perioodi pikkuse muutused tulevikus. Jällegi, tegelikult tuleks iga sellist näitajat eraldi modelleerida, kuid mees pidades kõiki eeldustest tulenevaid ohtusid võime esmase hinnangu andmiseks n-ö lihtsa liitmistehtega leitud väärtusi kasutada küll.

Tabelis 1 on toodud pakasepäevade keskmine arv aastas tänapäeval ja tulevikus. Antud juhul on pakasepäevaks nimetatud päev, mille ööpäeva maksimumtemperatuur on väiksem või võrdne -12 °C. Oodatavalt väheneb see arv sajandi lõpuks keskmiselt 1–2 päevale aastas. Tuleb siiski mees pidada, et Eesti asetseb suhteliselt kaugel põhjas, kus arktiliste õhumasside sissetungide tõenäosus on ja jääb suhteliselt suureks. See aga tähendab, et ka kliimamuutuste puhul peame arvestama, et sajandi lõpus võib esineda mõned aastad, kus talvel kestavad pakaselised ilmad nädala või kauem. Ka RCP8.5 rakendumisel ei muutu meie kliima nii soojaks, et päevi, mil miinimumtemperatuur langeb alla -12 °C, enam üldse ei esine.

Üks olulisemaid muutusi tuleviku kliimas, millel on küllaltki suur majanduslik mõju, on vegetatsiooniperioodi pikenemine. Käesolevas töös on selle perioodi pikenemine

näitlikustatud läbi öökülmavaba perioodi näitajate. Öökülmavabaks perioodiks on antud juhul võetud päevade arv, mis jääb viimase kevadise ja esimese sügisese päeva vahele, mille ööpäeva miinimumtemperatuur on 0 °C või vähem. Juba viimase 60 aastaga on see päevade vahemik oluliselt pikenenud (tabel 1). Võrreldavatel 30-aastastel ajalõikudel on vahe ligi pool kuud. Tulevikuprognoside järgi pikeneb öökülmavaba periood praeguselt *ca* kolmelt kuult sajandi lõpuks 5–6 kuuni. Kui aastatel 1981–2010 oli Türil viimane kevadine öökülm 16. mai ja esimene sügisene 27. septembri paiku, siis RCP8.5 realiseerumisel võib sajandi lõpul vastavad kuupäevad olla 11. aprill ja 20. oktoober. Praeguste tendentside järgi on öökülmavaba periood pikenenud peamiselt kevade varasemaks nihkumise arvelt.

Suvede soojenemist saab samuti vaadelda läbi teatavate sündmuste tõenäosuse muutuste. Üheks inimestevisele ohtlikuks sündmuseks on kuumalained, mis terviseameti riskianalüüsi järgi on olukord, kui +30 °C esineb kahel järjestikusel päeval (Terviseamet, 2011). Tabelis 1 esitatud andmete järgi võib öelda, et õhutemperatuuri +30 °C esinemine on Eestis äärmiselt harv sündmus – *ca* üks juhused kolme aasta jooksul. Viimastel kümnenditel on väga kuumade päevade esinemissagedus tõusnud, 2010. aastal oli erakordselt kuum suvi. Tulevikuennustuse järgi muutuvad aga väga kuumad suvepäevad iga-aastaseks. RCP8.5 realiseerumisel on sajandi lõpul keskmisena aastas pea poole kuu jagu päevi, mille maksimumtemperatuur tõuseb üle 30 kraadi. Tegelikult võib see aga tähendada, et mõnel aastal võib kuumalaine kesta kuni kuu või enam.

**Tabel 1.** Pakasepäevade, -ööde ja kuumapäevade keskmine arv ning öökülmavaba perioodi pikkus aastas tänapäeval ja tulevikuprognos.

Periood	Pakasepäevad <sup>1</sup>	Pakaseööd <sup>2</sup>	Öökülmavaba periood <sup>3</sup>	Kuumapäevad <sup>4</sup>
1951–1980	5,8	36,8	117	0,3
1981–2010	4,2	26,1	134	1,4
RCP4.5 2041–2070	2,3	18,1	156	3,6
RCP4.5 2071–2100	1,8	15,7	165	5,8
RCP8.5 2041–2070	1,8	16,2	168	6,0
RCP8.5 2071–2100	1,1	11,9	193	13,2

<sup>1</sup> Pakasepäevaks on nimetatud päev, mille ööpäeva maksimumtemperatuur on väiksem või võrdne -12 °C. <sup>2</sup> Pakaseööks on nimetatud päev, mille ööpäeva miinimumtemperatuur on väiksem või võrdne -12 °C. <sup>3</sup> Öökülmavabaks perioodiks on päevade arv, mis jääb viimase kevadise ja esimese sügisese päeva vahele, mille ööpäeva miinimumtemperatuur on 0 °C või vähem. <sup>4</sup> Kuumapäevaks on nimetatud päev, mille ööpäeva maksimumtemperatuur on suurem või võrdne +30 °C.

## **Sademed**

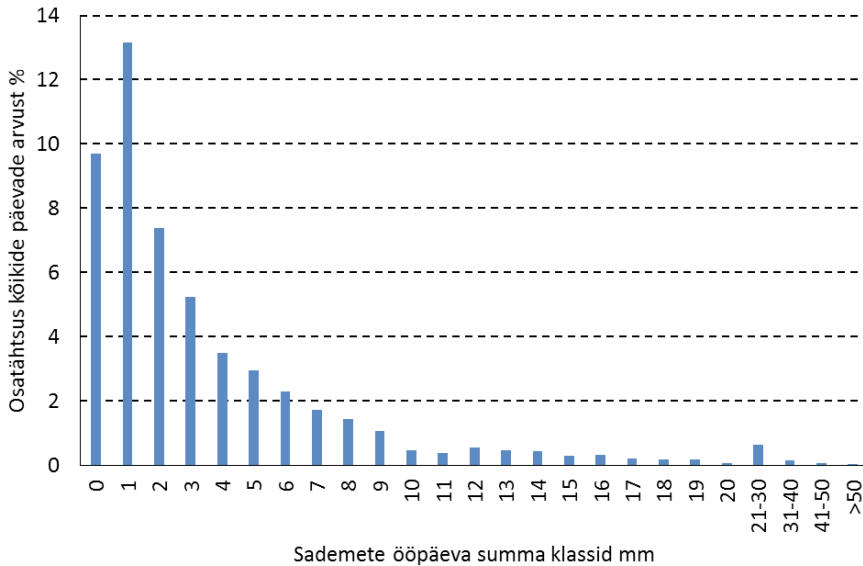
Sademete hulga muutustest tulenevate võimalike mõjude hindamisel tuleb silmas pidada, et sademed on kompleksne kliimategur, mis on klimatoloogiliselt üsnagi raskesti käsitletav. Sademete, eriti erakordsete sademete puhul tuleb arvestada suure ruumilise varieeruvuse ja juhuslikkuse osakaaluga (Päädam & Post, 2011). Piltlikult, hoogvihma andev äikesepilv võib minna üle ilmajaama või selle kõrvalt! Üksikud, väga intensiivseid sadusid andvad pilvemoodustised võivad Eesti tingimustes liikuda üsnagi piiratud alal, kuid siiski jätta mõne ilmajaama kuu sademete summasse väga selge jälje. Näiteks 2003. aasta 5.–6. augustil Kirde-Eestit tabanud hoogsadu tõstis Jõhvi meteoroloogiajaamas antud kuu summa 265 mm peale (pikaajaline augusti keskmine Jõhvis 88 mm).

Eestis iseloomustab sademeid ka väga suur ajaline varieeruvus. Nii erineb Türil perioodil 1966–2013 mõõdetud aasta sademete summa miinimum (464 mm, 2006) ja maksimum (1042 mm, 1981) üle kahe korra. Sesonide ja kuude lõikes on vastavad erinevused veelgi suuremad, ulatudes kuni kümne korrani.

Sademete muutuste mõju arvestamisel tekitab lisaraskusi ka see, et külmal poolaastal (NDJVM) tulevad sademed tahkel kujul. See muudab keeruliseks näiteks sademe hulkade mõju arvestamise äravoolule, kuna lumena akumulieeritud sademete vesi valandub kevadel soojade ilmadega jõgedes suurveena. Samas pole seos talve sademete hulga ja jõgede äravoolu vahel lineaarne, kuna lõpuks jõkke jõudva vee kogus sõltub mitmete tegurite koosmõjust.

Sademete muutuste analüüsil on väga olulisel kohal eespool kirjeldatud nii-öelda jaotuste probleem. Küsimus on selles, millisesse jaotuse ossa tulevikustsenaariumite järgi ennustatavad lisamillimeetrid lähevad. Piltlikult öeldes on küsimus selles, et kui tulevikustsenaariumi RCP8.5 järgi ennustatakse sajandi lõpuks normkliima perioodiga võrreldes aasta sademete summa tõusu 19% võrra, siis millise sademete jaotuse osas need täiendavad 142 mm Türil maapinnale saavad. Variante on mitmeid ning erinevate versioonide realiseerumisel on muutuste mõju erinev.

Joonisel 5 on esitatud sademete ööpäeva summade jaotus normkliima perioodil 1 mm jaotusvahemikes. 0 mm ei tähenda antud juhul sajuvaba päeva, vaid ööpäeva sademete summat alla 0,5 mm. Sademeteta päevade osakaal aastast on 47,1%. Jooniselt on näha, et enamikul sajupäevadest jääb sademete ööpäeva summad vahemikku 0,1–2,5 mm: klassidesse 2, 1 ja 0 kuulub kokku 57,3% kõikidest sajupäevadest.

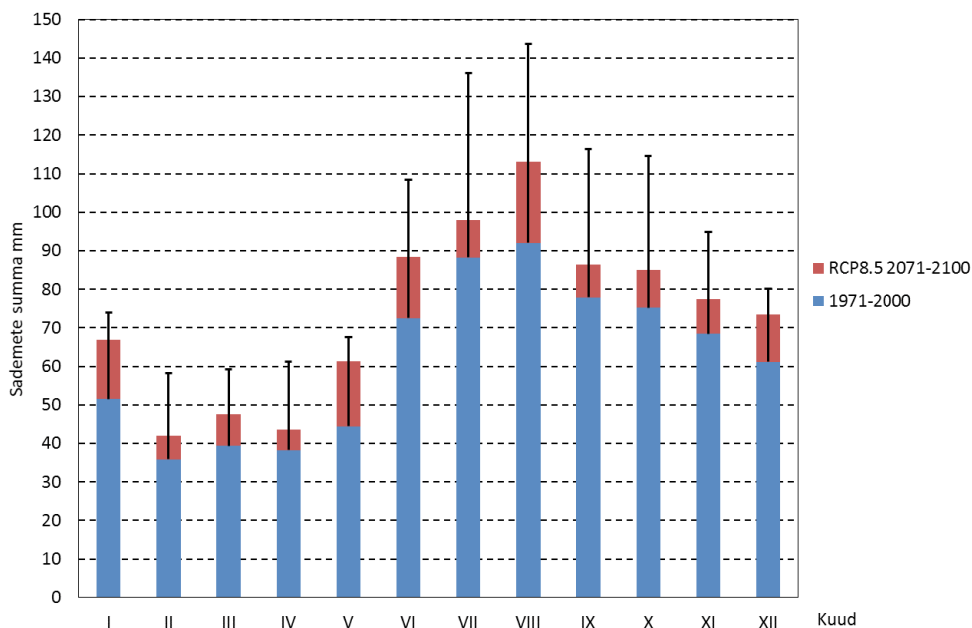


**Joonis 5.** Normkliima perioodi sajupäevade jaotus sajuklassidesse vastavalt ööpäeva sademete summale. Klass „0“ tähendab sademete summat alla 0,5 mm, klass 1 sademete summat 0,5–1,4 jne.

Kui eeldada, et lisamillimeetrid jaotuvad kõikide jaotusklasside (joonis 5) vahel ühtlaselt, siis ei teki ühegi tulevikustsenaariumi rakendumisel mingeid olulisi probleeme – lisamillimeetrid jäävad standardhälbe sisse ning reaalses elus praktiliselt märkamatuks (joonis 6). Sellisel juhul jääb sademete kasv pigem klimatoloogiliseks fenomeniks kui tõsiseks kliimarisikiks. Teisalt võib vaadelda sademete hulga suurenemist kui süstemaatilist nihet kogu sademete-äravoolu süsteemis. See tähendab, et pikaajaliselt sajab 19% rohkem, jõgedes on pidevalt 19% võrra rohkem vett ning ka tulvad võivad olla ligi viiendiku võrra võimsamad.

Oluline mõju lisandub sademete summa suurenemisel siis, kui see tõus realiseerub läbi sajupäevade arvu tõusu. Ehk siis vihmavabade päevade arvelt lisandub päevi, mil ei saja koguseliselt ehk kuigi palju, napilt 0,1–2 mm, kuid päev on pilves ja röske. Maapinnale jõudva lühilainelise kiirguse andmete alusel (Luhamaa jt (2015), tabel 8) otsustades on sellist sajupäevade lisa oodata talvel, külmal poolaastal.

Türi sademete andmetel on sajupäevade arv talvel (DJV) juba tõusnud. Kui perioodil 1951–1980 oli sajupäevi 90-st talvapäevast keskmiselt 52, siis perioodil 1981–2000 oli neid 57. Sagedamaks on muutunud 3–8 mm sademetega päevad. Arvestagem ka seda, et enne 1966. aastat ei ole lisatud andmetele märgamisparandit, mis alandab esimese perioodi sademete hulka kunstlikult ca 16% võrra. Sajupäevade arvu see siiski ei mõjuta.



**Joonis 6.** Türi kuu sademete keskmine summa normkliima perioodil (tulba sinine osa) ja tulevikutsenaariumi RCP8.5 alusel ennustatav keskmine sademete summa tõus perioodil 2071–2100 (punane). Püstjoonega on tähistatud normkliima sademete standardhälve.

Tulevased muutused sademete jaotuses vajavad veel eraldi matemaatilist modelleerimist, kuid kui arvestada seniseid protsesse ja talvede prognoositavat soojenemist eeskätt 0 °C lähedase temperatuuriga päevade kasvu tõttu, siis võib sajandi lõpus olla talvel umbes 2/3 päevadest pilves ja sajused.

Arvestades talvise õhutemperatuuri drastilist kasvu (RCP8.5 alusel), võib eeldada, et enamik sademetest hakkab talvel maha jõudma vihmamana. See vihmavesi jõuab omakorda üsna kiiresti jõgedesse, mis tähendab, et Eestis tüüpilist talvist vee vähesust jõgedes ei teki, kuid lumetu talv jätab ära ka kevadise suurvee.

Pidev niiskus ja asjaolu, et pinnas ei külmu läbi (või tekivad sagedased, kuid lühiajalised jäätumis-sulamistsüklid), võib tekitada lisaprobleeme põllumajanduses ja metsanduses ning muuta liiklusolusid keerulisemaks. Vaatamata sademete hulga suurenemisele võib süveneda ka praegu täheldatav kevadise põua tendents. See tuleneb püsiva lumikattega päevade arvu järsust vähenemisest. Kuna lumi sulab aina varem ära, siis pikeneb kevadine veevaene periood – ajavahemik, mis jääb lumesulamise ja esimeste kevadsuviste vihmade vahele. Aprillis-mais püsivate päikesepaistelist ja suhteliselt soojade ilmadega põllud küll tahenevad, kuid kui lumi sulab varem või lumikatet ei teki, siis venib vihmade-eelne periood sedavõrd pikaks, et on reaalne oht kevadise põua kujunemiseks (Tammets & Jaagus, 2007; 2013).

## **Erakordsed sademed**

Kuigi sademete hulga suurenemisel tulevikus on erinevaid realiseerumisvõimalusi, kasvab tulevikukliima riskidena eelkõige äärmuslike sademejuhtumite intensiivsus ja esinemissagedus. Ühelt poolt on füüsikaliselt üsna hästi mõistetatav, et atmosfääri lisandunud soojus leiab suures osas kasutamist vee aurustamisel. Seeläbi tekib õhku rohkem veeauru, mis omakorda suurendab sademete hulka (IPCC, 2014). Kuna see protsess on eriti intensiivne suvel, siis tekib senisest rohkem kohapealseid äikesepilvi, mis annavad lühiajalist, kuid intensiivset paduvihma. Intensiivsed sademed ja nendega kaasnevad tulvad ja üleujutused tekitavad reaalselt majanduslikku kahju.

Erakordsete sademete mõju puhul tuleb arvestada ekstreemsete sündmuste esinemissagedust, sajuhulka, aga eriti saju intensiivsust (Päädam & Post, 2011). Näiteks ööpäeva sademete summa 30 mm võib tähistada vägagi erinevaid mõjusid. Kui need millimeetrid langevad ühtlaselt 24 tunni jooksul, siis võib öelda, et oli äärmiselt vihmane päev, mille puhul võivad negatiivsed mõjud ilmnedagi vaid ebasoodsate asjaolude kokkulangemisel. Kui aga need 30 mm sajavad maha hoovihmana ühe tunni jooksul, siis kaasneb sellega pea vältimatult märkimisväärne majanduslik kahju ja potentsiaalne oht inimestele: tekivad kohalikud üleujutused, teetammid uhutakse minema, tekiavad uhtorud, hävib saak jne. Paraku ei ole sademete intensiivsuse muutusi käesoleva uuringu käsitluses olevate andmete põhjal võimalik hinnata.

Siinjuures väärib selgitamist mõisteline ebaühtlus eestikeelses kliimakirjanduses. Nimelt on raamatus „Eesti ilma riskid“ (Tammets, 2012) defineeritud „eriti ohtliku sademete hulga“ olukord, kui 1 tunni või lühema aja jooksul sajab 30 mm. See vastab saju intensiivsusele 0,5 mm/min. Sama ohtliku sademete hulga definitsioon on aluseks võetud ka päästeameti poolt koostatud dokumendis „Hädaolukorra riskianalüüs, raskete tagajärgedega torm“ (Päästeamet, 2013). Antud definitsioon on paraku mitmeti mõistetatav, kuna tegelikult ei määratle see saju hulka, vaid intensiivsust. 30 mm/h võib tõepoolest olla katastroofiliste tagajärgedega paduvihm. Kas paduvihma juhtumi sademete summa peab olema 30 mm või peab olema sajujuhtumi vihma intensiivsus 0,5 mm/min? Väga intensiivsed sajud on tavaliselt küllaltki lühiajalised (2–10 min) ega anna summana kokku 30 mm. T. Tammets ja O. Jakovleva (2001) uuringu järgi oli perioodil 1966–2000 pluviograafiliste mõõtmiste alusel otsustades vaid üks sajujuhtum, mida saaks „eriti ohtlikuks“ klassifitseerida: Sõrves 4. augustil 1977.

Segadus tekib aga sellest, et enamasti (sh Tammets (2012) ja käesolevas töös) kalkuleeritakse sademete ööpäeva summadega. Ka käesoleva töö aluseks olevas uurin-gus (Luhamaa jt, 2015) on sademete hulga ühikuks mm/ööpäevas ja „harva esineva vihmajuhtumi“ piirtasemeks võetud 30 mm ööpäevas. Ehk siis, ühelt poolt on ohu definitsiooni aluseks sademete intensiivsus, kuid klimatoloogilises analüüsis kasuta-takse sademete summat.

Äärmuslike sademete puhul on tulevikustsenaariumites (Luhamaa jt, 2015) võetud piirväärtusteks 30 ja 50 mm ööpäevas. Sajud, mis ületavad 30 mm ööpäevas, on väga

tugevad. Samas pole need iseenesest väga harvad juhtumid – normkliima perioodil esines Türil statistilises mõttes igal aastal mõni päev, kokku 33 juhtumit, mille ööpäeva summa oli 30 või enam mm. Sademed üle 50 mm/ööpäevas tekitavad aga kindlasti olulist kahju. Näiteks 2003. aasta augustis Kirde-Eestis kestvatest paduvihmadest tekkinud uputuse otseseks ja kaudseks kahjuks hinnati kokku üle 800 tuhande euro (Sepp, 2006).

Selliste ülitugevate paduvihmade puhul tuleb arvestada:

- 1) tavaliselt juhtuvad need ainult suvel, sageli just augustis;
- 2) neid juhtub väga harva; kontrollperioodi 30 aasta jooksul toimus Türil kokku viis  $\geq 50$  mm sajajuhtumit (maksimaalne 77,8 mm, 1. august 1973);
- 3) need on äärmiselt kohaliku esinemisega, ehk siis kannatada saavad mõned üksikud linnad ja vallad.

Kui lähtuda tulevikukliima stsenaariumites esitatud suurvihmade sagenemise prognoosist (Luhamaa jt (2015), tabel 13), siis mudelarvutuste järgi ennustatakse ekstreemsademetes esinemissageduse tõusu kordades: juhuste arv, kui ööpäeva sademete summa talvel on 30 mm või suurem, suureneb sajandi lõpus stsenaariumi RCP8.5 järgi üle nelja korra. Viidatud tabeli protsentide tõlgendamisel tuleb silmas pidada kahte asjaolu: esiteks puudutab suhteline suurenemine äärmiselt harva toimuvaid sündmusi. Nii on talviste suursademetes esinemise tõenäosus ligikaudu üks kord 111 aasta jooksul. Viiekordne tõus tähendab antud juhul seda, et selline sündmus hakkab toimuma üks kord 22 aasta jooksul.

Teiseks tuleb silmas pidada, et need tõenäosused on leitud mudelarvutuses kasutatud domeeni keskmisena. See tähendab, et arvesse on võetud ka merealad, kus suursadade tõenäosus on väike. Seega võib oletada, et maismaal, nii-öelda inimasustuse lähedal, on suurvihmade tõenäosus suurem, aga kui palju täpsemalt, on eraldi analüüsi küsimus.

Eelnevat silmas pidades ja võttes aluseks normkliima perioodil toimunud sajajuhtumeid Türil, on tabelis 2 esitatud suursademetes tõenäosuste muutused erinevate stsenaariumite korral. Tabelist on selgelt näha, et Luhamaa jt (2015) arvutatud kontrollperioodi suursademetes tõenäosus suvel on poole väiksem kui Türil fikseeritud (vastavalt 14 ja 28 juhust 30 aasta jooksul). Siin väljendubki kahest erinevast territoriaalsest lähenemisest tulenev väga oluline vahe. Merealadega arvestamine viib suviste paduvihmade territoriaalse keskmise alla. Igal juhul on oluline arvestada, et tulevikus suureneb suviste paduvihmade esinemissagedus oluliselt ja praktiliselt igal aastal esineb kuni kaks sellist sajajuhtumit, mille korral ööpäeva sademete summa ületab 30 mm.

Kuna aga kõrgemate õhutemperatuuride tõttu soojeneb ka Läänemeri suvel oluliselt intensiivsemalt, siis võib eeldada, et Läänemeri muutub senisest tähtsamaks kohalike sadade tekkeallikaks. See tähendab, et oluliselt suureneb konvektiivsete sademetes tekkimise tõenäosus, kuna soojemast Läänemerest on aurumine palju suurem. On üsna tõenäoline, et praegused kliimamudelid alahindavad sellist võimalust, kuna globaalsete tsirkulatsioonimodelite mastaabist vaadatuna on Läänemere mõõtmised väga väikesed. Seega võib kliima soojenemine tuua kaasa suviste sademetes hulga ja erakordsete sademetes esinemissageduse veelgi suurema tõusu.

**Tabel 2.** Ööpäevas 30 mm ületavate sademete esinemissagedus normkliima perioodil kogu Eesti ulatuses (1. veerg) ja Türi ning suursaju juhuste koguarvu muutused vastavalt tabelile 13 (Luhamaa jt, 2015) toodud muutuse protsentidele. Koguarvu muutuste aluseks on Türi normkliima perioodil fikseeritud suursajujuhtumid. Kõik arvud on ümardatud täisarvuks.

Periood	Normkliima perioodi tõenäosused 1 juhuse/aastate kohta	Türi normkliima perioodil toimunud juhuste arv	Juhuste koguarv 2041– 2070	Juhuste koguarv 2071– 2100	Juhuste koguarv 2041– 2070	Juhuste koguarv 2071– 2100
Stsenaarium			RCP4.5		RCP8.5	
SON	1/7	2	4	4	4	5
DJV	1/111	0	0*	0*	0*	0*
MAM	1/14	3	5	6	6	7
JJA	1/2	28	35	38	39	46

\*sündmuse toimumine ei ole välistatud.

Seejuures ei saa alahinnata ka kohalike sademete osakaalu tõusu külmal poolaastal. Suhteliselt sooja ja jäävaba Läänemere tõttu võivad võimsad konvektiivsed pilvemoodustised tekkida ka sügisel ning talvel. Mandrile, palju jahedama aluspinna kohale jõudes võivad vallanduda tugevad lume- või hooglörtsi valingud. Selliste lumesajuhoogude mõju on küll üsnagi lokaalne, kuid need võivad tekitada olulisi probleeme näiteks liikluses. Eesti meteoroloogiajaamade võrgustiku hõreduse tõttu on selliseid üksikuid „hulkuvaid“ pilvi väga raske tabada, kuid ilmaradari peal on need hästi märgatavad. Üks selline ohtralt lund andnud kohaliku tekkega pilv riivas 26. detsembril 2014 Lahemaad.

## Arutelu ja järeldused

Vaatamata tulevikukliima modelleerimise nõrkustele ja tulevikuproгноoside suurele määramatusale peaks Eestis senisest enam teadvustama kliimamuutustest tulenevaid ohte, aga ka võimalusi. Kuigi mudelid kipuvad tänapäeval kliimasoojenemist üle hindama, siis CO<sub>2</sub> ja teiste kasvuhoonegaaside kontsentratsioon atmosfääris näitab tänapäeval pidevat kasvutendentsi. See aga tähendab, et atmosfääri lõksu jääv soojushulk samuti kasvab. Me ei peaks tulevikuproгноosides kuigi tõsiselt võtma kraadikümnedikke, küll aga tendentside suunda ja muutuste suurusjärke.

Täpsemad ja rakenduslikus mõttes vajalikud kliimaandmed vajaksid eraldi modelleerimist, mille käigus kliimamudelid parametrizeeritaksegi vastavalt uurimisteema eesmärkidele. Käesolevas artiklis toodud statistikuid võib Eesti kontekstis võtta kui esmast lähenemist kliimamuutuste klimatoloogilistele ja statistilistele küsimustele ning katset visualiseerida tulevase muutusi. Edaspidi tuleb kindlasti põhjalikumalt käsitleda



nii kliimamuutuste statistilisi küsimusi kui ka võimalusi neid muutusi rakenduslikus mõttes „kõnelema panna.“

Õhutemperatuuri muutuste seisukohalt tuleb arvestada, et viimastel kümnenditel on juba toimunud märkimisväärne soojenemine. Lumerohkest ja külmast talvest on juba saamas erand. Järgnevatel kümnenditel soojenemine järjest kiireneb. Kui realiseerub pessimistlik stsenaarium, RCP8.5, siis 21. sajandi lõpuks on aasta keskmine õhutemperatuur *ca* 9 °C. See on samas suurusjärgus kui praegu Odessas, Münchenis või Šoti põhjaranniku saartel. Ent tulevikukliima tänapäevaste analoogide leidmisel tuleb arvestada, et Eesti asub suhteliselt kõrgetel laiuskraadidel. See geograafiline asukoht aga ei muutu, mis tähendab, et kiimamuutuste tõlgendamise osas saame liikuda vaid ida-lääne teljel. Sellisel juhul oleks aasta keskmise õhutemperatuuri tulevikukliima analoogiks Põhja-Šoti saarestiku praegune ilmastik. Aga ka antud juhul tuleb arvestada, et meil ei hakka sadama nii palju kui Šotimaal ning suved muutuvad oluliselt kuumemaks.

Tulevikuprojektsioonid ennustavad talvede soojenemist sedavõrd, et nende pikaajaline keskmine võib tõusta üle 0 °C. Tulevikus hakkab esinema talvesid, mil vegetatsiooniperiood ei katkegi. Samas ei tohi jällegi unustada Eesti geograafilist asendit, ehk siis erakordsed külmalained, nagu ka ohtra lumikattega talved, ei kao täielikult. Küll võib aga eeldada, et kõige tavalisemaks kujunevad talvel 0 °C lähedaste temperatuuridega pilvised ja vihmased ilmad. 2008. aasta sooja talve laadsed talved muutuvad järgnevatel kümnenditel jooksul uueks reaalsuseks.

Suvede soojenemine on seni olnud suhteliselt mõõdukas. Tulevikus on aga oodata keskmiste õhutemperatuuride järsku tõusu. Mudelväljundite kombineerimisel (õhutemperatuur + sademed + kiirgusrežiimi muutus) võib oletada, et kui tuleviku talved soojenevad peamiselt tsüklonaalse tegevuse aktiveerumisest, siis suvel tugevneb Eesti kohal antitsüklon. See tähendab püsivaid kuumasid ilmasid ja äikesevihmasid. Kuumalained muutuvad juba lähikümnenditel igasuviseks probleemiks.

Kliima üldine soojenemine toob loogiliselt kaasa ka sademete hulga tõusu. Sademete puhul tuleb aga arvestada väga suurt ajalist ja ruumilist muutlikkust nagu ka suurt juhuslikkuse komponenti, mistõttu ka tulevikuproгноoside puhul tuleb arvestada üsna suure määramatusega. Sademete äärmiselt suure ajalise varieeruvuse tõttu on ennustatav maksimaalne sademete summa tõus *ca* 19% võrra suhteliselt tagasihoidlik muutus. Samas võime seda lisa vaadelda kui süstemaatilist nihet, mille korral sajab rohkem, jõgede äravool on suurem ja ka ekstreemumid on viiendiku võrra suuremad. Omaette teaduslikuks probleemiks on küsimus, millisesse jaotuse ossa sademete lisa lisandub. Kaudsete andmete (praeguste tendentside ja kiirgusrežiimi muutuste) alusel võib eeldada, et talvel lisandub senisest rohkem sajupäevi, kuid suvel hakkab sagedamini esinema paduvihmasid. Ekstreemsadude statistika puhul tuleb samuti arvestada väga suure juhuslikkusega ja sellega, et tegemist on äärmiselt harva esinevate sündmustega. Erakordsete sademete prognoositav järsk tõus aga tähendab praktikas, et sisuliselt kord kahe aasta tagant toimuvad paduvihmad muutuvad statistilises mõttes iga-aastaseks sündmuseks.

## **Kasutatud kirjandus**

- Albrecht, E., Schmidt, M., Mißler-Behr, M. & Spyra, S. P. N. (toim.) (2014). Implementing Adaptation Strategies by Legal, Economic and Planning Instruments on Climate Change. Environmental Protection in the European Union. Vol. 4.
- BACC (2008). BACC Author Team. Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- BACC (2015). BACC II Author Team. Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Regional Climate Studies. Springer International Publishing.
- ENVIRON (2015). Keskkonnamuutuste kohanemise tippkeskus ENVIRON. <http://environ.emu.ee/>.
- IPCC (2014). The Fifth Assessment Report.
- Jaagus, J. & Mändla, K. (2014). Climate change scenarios for Estonia based on climate models from the IPCC Fourth Assessment Report. Estonian Journal of Earth Sciences, 63(3), 166–180.
- Kadaja, J. (1999). Eesti territooriumi kaetus meteoroloogilise informatsiooniga. Uurimusi Eesti kliimast (toim. Jaak Jaagus). Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis 85, 14–27.
- Kallaste, T. & Kuldna, P. (toim.) (1998). Climate change studies in Estonia. SEI Tallinn, Ministry of Environment. Tallinn.
- Luhamaa, A., Kallis, A., Mändla, K., Männik, A., Pedusaar, T. & Rosin, K. (2015). Eesti tuleviku kliima stsenaariumid aastani 2100. Lepingulise töö aruanne projekti “Eesti riikliku kliimamuutuste mõjuga kohanemise strateegia ja rakenduskava ettepaneku väljatöötamine” lisana. Keskkonnaagentuur.
- Punning, J.-M. (toim.) (1996). Estonia in the system of global climate change. Ökoloogia Instituut, Publication Vol. 4. Tallinn.
- Päadam, K. & Post, P. (2011). Temporal variability of precipitation extremes in Estonia 1961–2008. Oceanologia, 53, 245–257.
- Päästeamet (2013). Hädalukorra riskianalüüs: raskete tagajärgedega torm. [http://www.rescue.ee/vvfiles/0/LISA4\\_RA\\_Torm.pdf](http://www.rescue.ee/vvfiles/0/LISA4_RA_Torm.pdf)
- Saue, T. & Kadaja, J. (2011). Possible effects of climate change on potato crops in Estonia. Boreal Environment Research, 16, 203–217.
- Sepp, M. (2006). Kui palju maksab paduvihm? Eesti loodus 8/2006. [http://www.eestiloodus.ee/artikkel1625\\_1609.html](http://www.eestiloodus.ee/artikkel1625_1609.html) (10.02.2015).
- Tammets, T. (2012). Eesti ilma riskid. Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. 2., täiendatud ja parandatud trükk. Tallinn, 152 lk.
- Tammets, T. & Jaagus, J. (2007). Äärmuslikult kuivade ja sajuste päevade esinemissageduse territoriaalne jaotus Eestis perioodil 1957–2006. Jaagus, J. (Toim.). Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis (109–116). Tartu: Tartu Ülikool.
- Tammets, T. & Jaagus, J. (2013). Climatology of precipitation extremes in Estonia using the method of moving precipitation totals. Theoretical and Applied Climatology, 111(3–4), 623–639.
- Tammets, T. & Jakovleva, O. (2001). Eesti vihmade intensiivsusest. Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat 33, 77–89. Tallinn.
- Tarand, A., Jaagus, J. & Kallis, A. (2013). Eesti kliima minevikus ja tänapäeval. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Tarand, A. & Kallaste, T. (toim.) (1998). Country case study on climate change impacts and adaptation assessments in the Republic of Estonia. SEI Tallinn, Ministry of Environment. Tallinn.
- Terviseamet (2011). Erakordselt kuuma ilma hädalukorra riskianalüüs. Tallinn. [http://rahvatervis.ut.ee/bitstream/1/4749/1/Terviseamet2011\\_1.pdf](http://rahvatervis.ut.ee/bitstream/1/4749/1/Terviseamet2011_1.pdf)
- WMO (2015). World Climate Conferences. [https://www.wmo.int/pages/themes/climate/international\\_wcc.php#a](https://www.wmo.int/pages/themes/climate/international_wcc.php#a)

## Tulevikukliima regioonid Eestis

Mait Sepp, Tanel Tamm ja Valentina Sagris

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### Sissejuhatus

Eesti pikk rannikujoon ja asend mandrilise ning merelise kliima piirialal põhjustab küllaltki olulisi Eesti-siseseid kliimaerinevusi. Ida- aga eriti Kirde-Eestis on selgelt täheldatavad mandrilise kliima mõjud, mida iseloomustab suhteliselt soojemad suved ja külmemad talved. Lääne-Eesti koos meie suuremate saartega nagu ka kogu rannikuala on merelise kliima mõju all, kus mere termilise inertsuse tõttu pole aastaajalised erinevused nii teravad kui sisemaal. Mikrokliimaatilisel tekitavad erinevusi ka Kagu-Eesti kõrgustikud ja Pandivere piirkond. Kohati on Eesti piirkondlikud kliimaerinevused küllaltki kontrastsed. Näiteks saabub kevad Lõuna- ja Kagu-Eestisse ligi kaks nädalat varem kui Põhja- ja Kirde-Eestisse (Tarand jt, 2013).

Kui rajoneerimisena vaadelda kõiki käsitlusi, kus samajoontega on eristatud teatud sarnaste kliimatunnustega alasid, siis on Eestis selle teemaga tegeletud üsna põhjalikult. Suur osa mikroklimatoloogilistest rajoneerimistest on siin ajaloolistel põhjustel lähtunud põllumajanduslikest huvidest (vt Jõgi, 1994; Karing, 2013; 2014). Ent ka nii-öelda puhtalt klimatoloogilisi territoriaalseid jaotusi on ohtralt: Jaak Jaaguse (2015) järgi alates Boris Sresnewsky (1857–1934) esimestest sademete jaotuse kaartidest (Sresnewsky, 1913), Voldemar Kurriku (1878–1924) esimesest kliimarajoneerimisest (Kurrik, 1924) ja Kaarel Kirde (1892–1953) esimesest kliimavaldkondade eristamisest (Kirde, 1943) kuni praeguse Eesti klimatoloogia *state of the art* raamatuni „Eesti kliima minevikus ja tänapäeval“ (Tarand jt, 2013), milles prof. Jaak Jaagus on esitanud klimatoloogiliste aastaegade alguskuupäevade ja sademete samajooned. Eesti kliima rajoneerimise töödest tuleb mainida veel Ants Raiki (1931–1994) kontinentaalsuse indeksil põhinevat väga detailset lähenemist (Raik, 1967) ja Peeter Karingu aktiivsete temperatuuride summa meetodil eristatud kliimavaldkondasid (Karing, 1992). Viimase aja Eesti kliima regionaliseerimisest tuleb ära mainida Jaagus *et al.* (2010) poolt kirjutatud artikkel, milles eristatakse sademeterajoone Baltimaades, ja käesoleva analüüsi eeskujuks olevat J. Jaaguse ja J. Truu (2004) tööd.

Kliima tulevikuprognoosid (Luhamaa jt, 2015) kergitavad küsimuse, kuidas need muutused väljenduvad Eestimaa erinevates osades. Kas võib karta, et mõnes regioon on kliimamuutused oluliselt suuremad kui teises? Kas mõnes piirkonnas tõuseb õhutemperatuur kiiremini kui mujal või muutub sademete ruumiline jaotus? Probleem

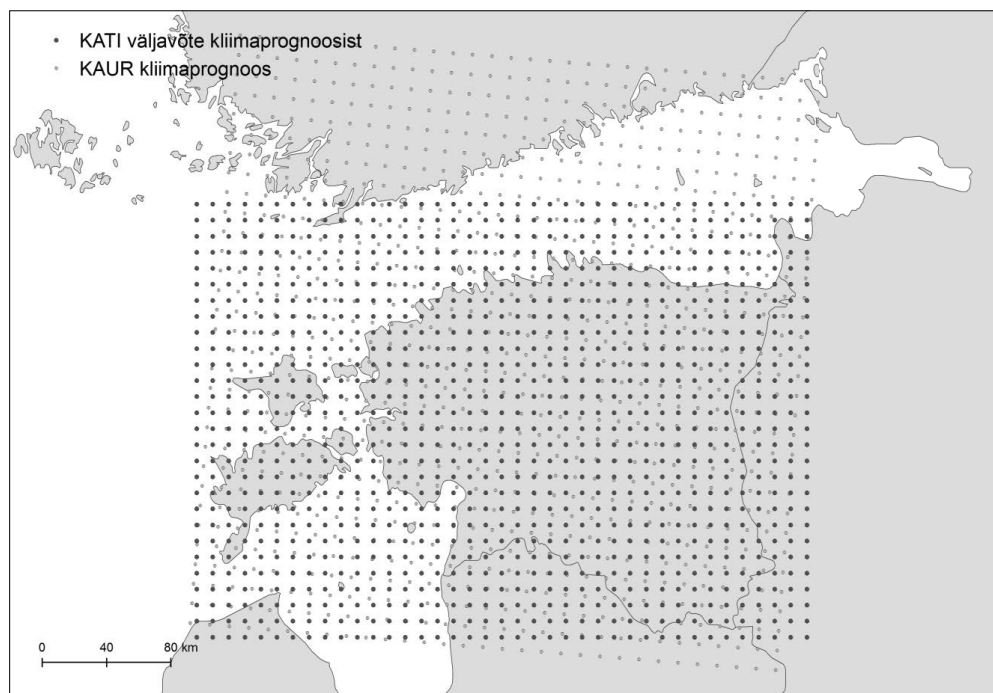
on selles, et käesoleva töö aluseks olevad tulevikuproгноosid (Luhamaa jt, 2015) on esitatud modelleerimisdomeeni keskmistena ja kaartidel erinevustena normkliimast. Esimesel juhul on keskmise arvutamisel haaratud suhteliselt suured merealad ja tükike Edela-Soomest. On ka selge, et domeeni keskmine ei anna kuigi head ülevaadet erinevates Eesti kliimarajoonides toimuvatest muutustest. Teisel juhul ehk muutuste kaartide puhul tekib küsimus, mida need muutused absoluutarvudes tähendavad ja kuidas need muutused praeguste kliimaregioonide piire mõjutavad. Järgnevalt ongi püütud visualiseerida kahe kliimastsenaariumi (RCP4.5 ja RCP8.5) alusel koostatud õhutemperatuuri ja sademete progноoside ruumilise jaotuse muutusi.

## **Andmed ja metoodika**

Keskkonnaagentuuri (KAUR) tulevikukliima modelleerimisprojekti aruanne (Luhamaa jt, 2015) esitab õhutemperatuuri, sademete ja mõnede teiste meteoroloogiliste näitajate muutusi perioodil 2041–2070 ja 2071–2100, võrreldes kliimamudelite abil normkliima perioodile 1971–2000 modelleeritud vastavate näitajatega. Mainitud töös on tuleviku perioodide 30-aastased keskmised muutused arvutatud kuude ja sesoonide lõikes (nt Luhamaa jt (2015), tabel 7 ja tabel 10), väljendades kogu modelleerimiseks kasutatud domeeni keskmist. Domeeni ehk modelleeritava ala suurus ja asend on *a priori* määratud kasutatud mudelite tehniliste parameetritega. Ent nagu mainitud, haarab domeen suure osa merealast ja ka osa Edela-Sooime saarestikust. Sisuliselt on mudelarvutuste väljundiks rasterkaart, mille iga  $12 \times 12$  km piksli kohta on arvutatud kõigi antud klimatoloogiliste parameetrite väärtused. Lähtudes käesoleva töö huvidest, tehti KAUR-i kliimaaproгноosi mudelist väljavõtte ning suurendati andmevõrgustiku tihedust nii, et võrgustiku pikslite mõõtmeteks on  $10 \times 10$  km (joonis 1).

Mereala mõju välja selgitamiseks võrreldi algse domeeni ja Eesti maismaa ala klimatoloogilisi keskmisi. Eesti maismaale arvutatud õhutemperatuuri ja sademete summade muudu keskmised ei erinenud – erinevus oli *ca* 10%.

Järgmisena lahendati absoluutväärtuste küsimus, ehk mida tähendavad kliimamuutused õhutemperatuuri või sademete hulgana. Selleks võeti Heltermaa, Jõgeva, Jõhvi, Kihnu, Kunda, Kuressaare (1971–1999), Kuusiku, Narva, Lääne-Nigula, Pakri, Pärnu, Ristna, Ruhnu, Sõrve, Tallinn, Tartu-Ülenurme (1971–1996), Tiirikoja, Tooma, Tartu-Tõravere, Türi, Valga, Viljandi, Vilsandi, Virtsu ja Võru ilmajaama kuu keskmised õhutemperatuuri ja sademete summad perioodil 1971–2000 ning need andmed interpoleeriti  $10 \times 10$  km võrgustikule. Igale antud võrgustikupunktile liideti mudelarvutustest saadud vastava piksli soojenemise koefitsient või sademete muut. Eespool kirjeldatud geoinformaatilisteks töödeks kasutati ArcGIS 10.2 tarkvara. Ilmajaamade andmed saadi KAUR-ist.

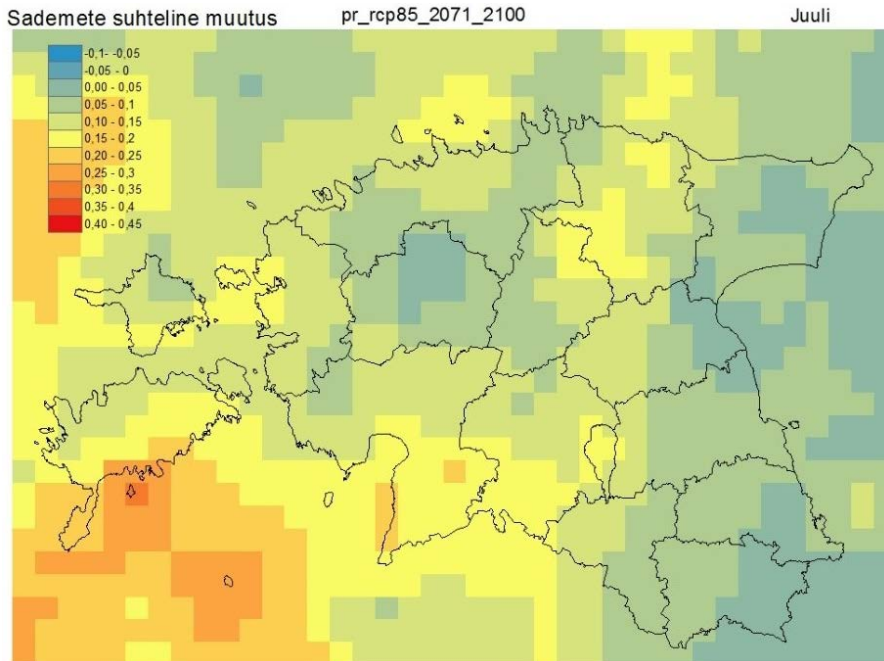


**Joonis 1.** KAUR-i kliimaprognoosi ja käesoleva töö (KATI) jaoks tihendatud pikslite asend.

Antud juhul on modelleerimise väljundid maksimaalselt ära kasutatud ja saadud kuunäitajate kaardid (joonis 2) on oluliselt detailsemad kui tulevikukliima aruandes (Luhamaa jt, 2015) avaldatud joonised 9–11 ja 15–17. Samas on detailsus antud juhul ka teatud nõrkuseks. Eriti sademete puhul on muutuste ruumiline jaotus äärmiselt varieeruv, mistõttu võib liigselt detailidesse laskudes jõuda valede järeldusteni. Kindlasti ei võimalda  $10 \times 10$  km võrgustik prognoosida muutusi üksikute linnade, valdade ja isegi külade tasemel – joonisel 2 näidatud sopistustel ja eraldiseisvatel pikslitel puudub füüsikaline sisu. Näiteks, pole alust arvata, et stsenaariumi RCP8.5 puhul hakkab sajandi lõpus juulikuus just ainult Abruca saarel eristuvalt palju sadama (joonis 2).

Vältimaks selliseid absurdseid järeldusi, tuleb tulemusi geograafiliselt või ajasammus üldistada. Üks võimalusi, nagu seda on tehtud ka Luhamaa jt (2015) töös, on tulevikukliimat väljendada mitte kuu, vaid sesoonide tasemel. Kolme kuu andmete keskmistamine taandab välja suure osa kuusisestest juhuslikest kõikumistest.

Regioonide piiritlemiseks on tänapäeva teadusel kasutada suur hulk erinevaid klassifitseerimismeetodeid. Optimaalseima analüüsivahendi ja lähtetingimuste valik on eraldi teadustöö teema, kuna erinevaid meetodeid ning nende sätevvõimalusi on lõputult. Käesolev töö on Eestis tulevikukliima regioonide eristamise esimeseks katseks, mistõttu kasutati käepärase võimalusena programmi ArcGIS 10.2 töövahendit „*Iso Cluster Unsupervised Classification*“.



**Joonis 2.** Mudelarvutuste põhjal esitatud sademete suhteline muutus juulis stsenaariumi RCP8.5 kohaselt perioodil 2071–2100 (Luhamaa jt, 2015). Suhteline muutus on esitatud kümnendikprotsentides normkliima perioodi sademetest. -0,1 tähistab sademete 10%-list vähenemist võrreldes perioodi 1971–2000 keskmisega.

Iga klassifitseerimisülesande põhiküsimuseks on klasside arvu valimine. Klasse peab olema nii palju, et need seletaksid ära kõik peamised regionaalsed erinevused, kuid piisavalt vähe, et nende vahel säiliks nii mõistlik erinevus kui üldistatus (Linoff & Berry, 2011). Üldistuse saavutamiseks otsustati, et kõikide arvutuste juures on klasside arv ühesugune. Lähtusime ka eeldusest, et tekkinud klastrite ruumiline struktuur peaks üldjoontes vastama Jaaguse ja Truu (2004) eristatud regioonidele.

Iga klassifitseerimise puhul tuleb arvestada, et sellega püütakse tegelikkust suruda raamidesse, mida seal ei pruugi alati olla. Sageli on klassid kompromiss ette määratud reeglite ja tegelikkuse vahel. Tuleb ka silmas pidada, et vähestel klassifitseerimismeetoditel on ranged reeglid klasside arvu määramiseks. Paljudel juhtudel jäetakse arvu valimine uurija subjektiivseks otsuseks, mis küll lähtub klassifitseeritavate objektide omadustest, kuid samavõrd ka uuringu oodatavast tulemusest. Ka siin kasutatud klassifitseerimisvahendil ei ole fikseeritud reegleid millega määrata optimaalset klastrite arvu. Põhjalike katsetuste tulemusena valiti klastrite arvuks kolm. Siiski eristub näiteks normkliima perioodil suve keskmise õhutemperatuuri osas tegelikult vaid kaks klassi: soojem Lõuna- ja jahedam Põhja-Eesti, kuid tulevikustsenaariumite puhul eristub suvel kolmanda klastrina ka Lääne-Eesti mereala.

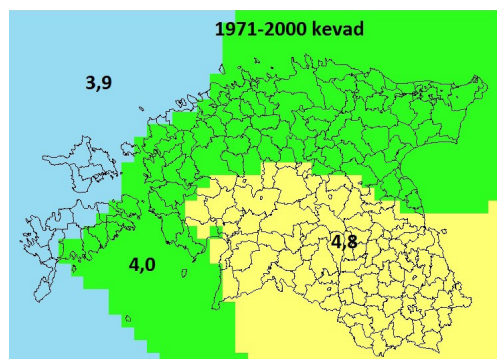
## Tulemused

Põhimõtteliselt säilib ka tulevikus normkliima regioonide muster, mis on sarnane sellega, mida eristasid oma analüüsis Jaagus ja Truu (2004). Mere-ranniku-sisemaa kontrastid säilivad. Olulisemad muutused hakkavad avalduma pessimistlikuma stsenaariumi, RCP8.5 realiseerumisel perioodil 2071–2100.

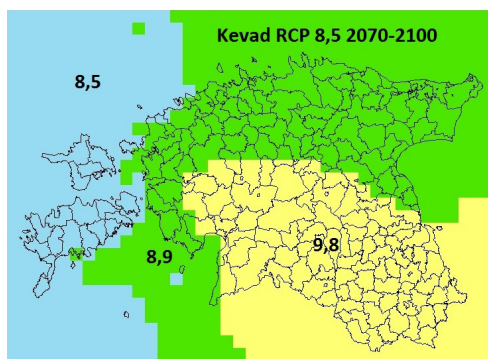
Järgnevalt kirjeldatakse aastaaegade kaupa tulevikukliima regionaalseid muutusi õhutemperatuuri ja sademete osas. Ruumi kokkuhoiu mõttes esitame iga aastaaja kohta enamasti vaid kaks joonist – normkliima ja RCP8.5 regioonid perioodil 2071–2100. Nende kahe pildi mustrid erinevad üksteisest kõige rohkem. Teiste stsenaariumite ja perioodide puhul on regioonide ruumiline jaotus võrdlemisi sarnane normkliima omale. Kõige soojema või vastavalt sademeterikkaima klastri ulatus järk-järgult suureneb ja seda tavaliselt keskmise ehk nii-öelda rannikuklastri arvelt.

### Õhutemperatuur

Klimatoloogiline kevad saabub varem Lõuna- ja Kagu-Eestisse (Tarand jt, 2013). Need Eesti osad soojenevad Põhja-Eestist, saartest ja merealadest suhteliselt kiiremini. Temperatuurikontast Lõuna-Eesti ja saarte vahel on küllaltki terav (joonis 3). Selline ruumiline jaotus säilib ühtlaselt ka kõikide vaadeldavate tulevikustsenaariumite ja perioodide lõikes, kuigi 21. sajandi lõpus laieneb kevade saabumise soe areaal Lõuna-Eestist loode ja lääne suunas (joonis 4).



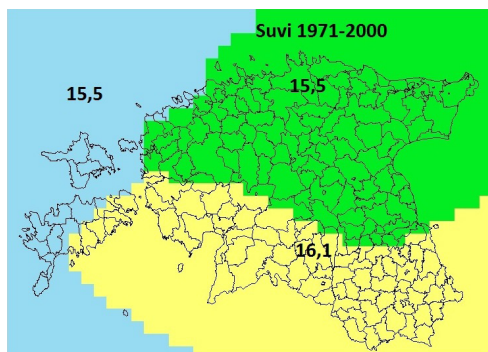
**Joonis 3.** Kevade (MAM) klastrid ja klastri keskmine õhutemperatuur normkliima perioodil 1971–2000.



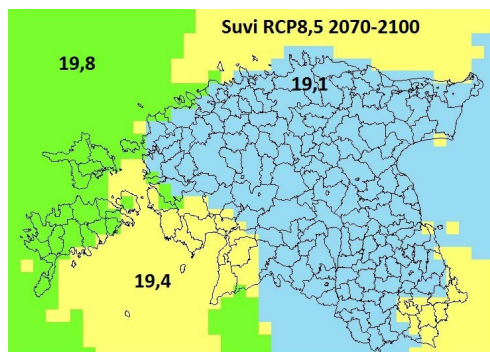
**Joonis 4.** Kevade (MAM) klastrid ja nende keskmine õhutemperatuur stsenaariumi RCP8.5 kohaselt perioodil 2071–2100.

Normkliima perioodi iseloomustab suve (JJA) Põhja- ja Lõuna-Eesti temperatuurikontast – Lõuna- ja Kagu-Eesti on keskmiselt 0,6 °C soojemad kui Kesk- ja Põhja-Eesti ning merealad. Mere ja Põhja-Eesti temperatuuride vahe on praktiliselt olematu (joonis 5). Tulevikukliimas muutuvad klastrite piirid ja sisu oluliselt. Praktiliselt kogu Mandri-Eesti temperatuurierinevused tasanduvad ning eristuvad vaid väga soe Kagu-Eesti

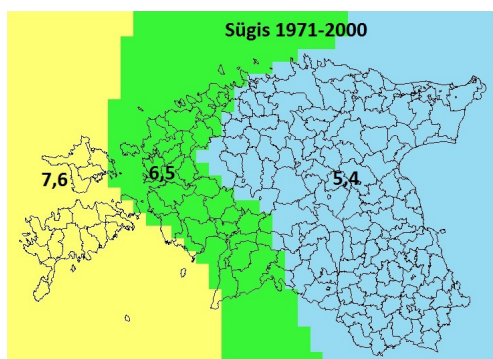
koos Liivi lahe piirkonnaga ning suhteliselt soojem mereala koos Lääne-Eesti saartega (joonis 6). Miks meri on tulevikus keskmiselt soojem kui maismaa, vajab eraldi põhjalikku analüüsi. Võimalik, et tegu on kliimamudeli eripära või prognoosiveaga. Teisalt on ka võimalik, et Eestis hakkavadki suviti domineerima kõrgrõhkonnad selge ja päikesepaistelise ilmaga. Sellisel juhul päeval merealad ja maismaa kuumenevad, kuid öösiti jahtub maismaa kiiremini kui termiliselt inertsem meri. Statistiliselt annab see mere inertsus pikaajalise keskmisena kõrgema keskmise temperatuuri.



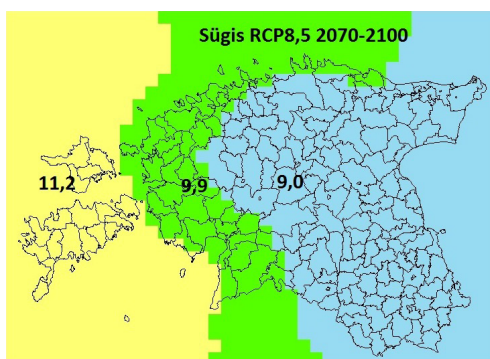
**Joonis 5.** Suve (JJA) klastrid ja nende keskmine õhutemperatuur normkliima perioodil 1971–2000.



**Joonis 6.** Suve (JJA) klastrid ja nende keskmine õhutemperatuur stsenaariumi RCP8.5 kohaselt perioodil 2071–2100.



**Joonis 7.** Sügise (SON) klastrid ja nende keskmine õhutemperatuur normkliima perioodil 1971–2000.

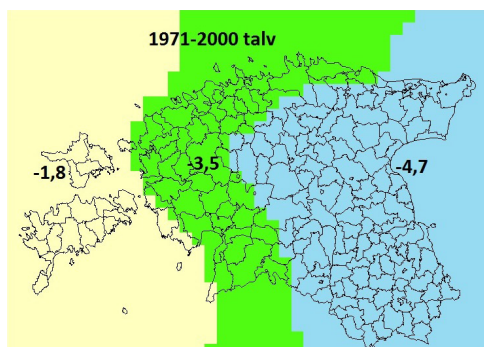


**Joonis 8.** Sügise (SON) klastrid ja nende keskmine õhutemperatuur stsenaariumi RCP8.5 kohaselt perioodil 2071–2100.

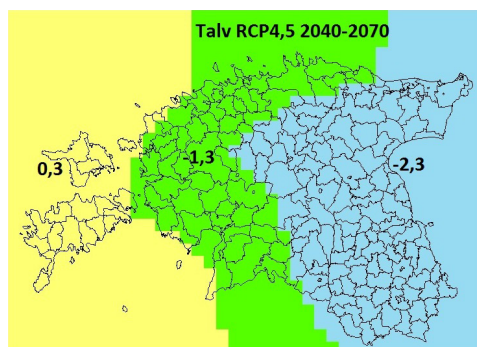
Sügis saabub Eestisse idast ja kirdest. Süveneb temperatuurikontrast mere, rannikuala ja sisemaa vahel, kuna meri on termilise inert्सuse tõttu pikka aega suhteliselt soojem kui maismaa (Tarand jt, 2013; joonis 7). Selline jaotus püsib ka tulevikus kõikide stsenaariumite realiseerumisel. Lääne-Eesti saarte ja suhteliselt jaheda Ida-Eesti vahel säilib ca 2,2-kraadine temperatuurierinevus (joonis 8).



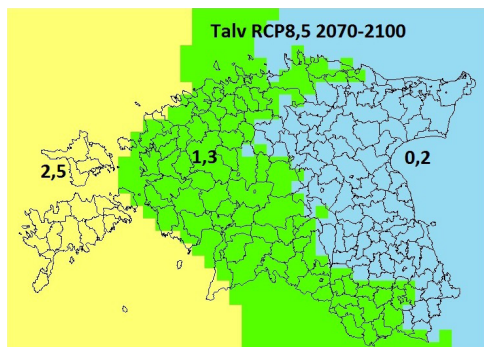
Talvel (DJV) on temperatuurijaotus Eestis sarnane sügise omaga. See tähendab, et mida kaugemale merest maismaale, seda madalam on keskmine temperatuur. Ka tulevikus on Ida- ja Kirde-Eestis suhteliselt külmem kui Lääne-Eestis ja eriti saartel. Ent kui normkliima perioodil on kõigi kolme klastri keskmised temperatuurid alla 0-kraadi (joonis 9), siis ka suhteliselt väike muutus RCP4.5 korral tähendab juba perioodil 2041–2070 keskmise õhutemperatuuri tõusu Lääne-Eesti saartel püsivalt plusskraadidesse (joonis 10). Edasisel soojenemisel ei laiene suhteliselt kõige kõrgema temperatuuriga mereklaster, vaid peamiselt rannikuklaster (joonis 11). Ilmastikus suureneb Lääne- ja Ida-Eesti kontrast. Rannikualadel võib olla suhteliselt soe ja lumeta talv, ent Ida-Eestis, aga eriti Kirde-Eestis võib samal ajal esineda lumine ja miinustemperatuuridega ilm. Antud juhul võivad teravned ka Kagu-Eesti kõrgustike ja näiteks Tartu ümbruse suhteliselt tasase maastiku vahelised kontrastid.



**Joonis 9.** Talve (DJV) klastrid ja nende keskmine õhutemperatuur normkliima perioodil 1971–2000.



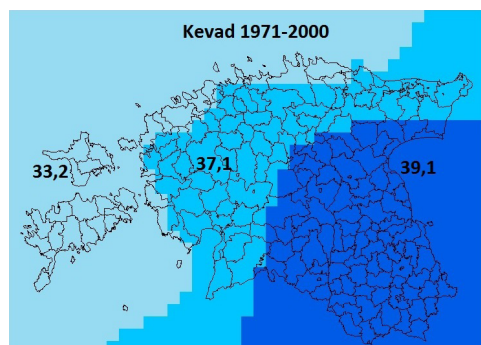
**Joonis 10.** Talve (DJV) klastrid ja nende keskmine õhutemperatuur stsenaariumi RCP4.5 kohaselt perioodil 2041–2070.



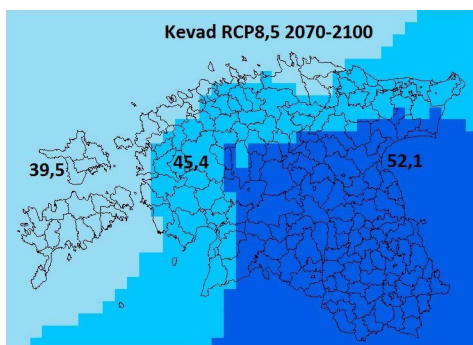
**Joonis 11.** Talve (DJV) klastrid ja nende keskmine õhutemperatuur stsenaariumi RCP8.5 kohaselt perioodil 2071–2100.

## Sademed

Kuna kevadel on meri suhteliselt jahedam kui kiiresti soojenev maismaa, siis on kevadine sademete jaotus ka vastav – Ida- ja Kagu-Eestis sajab rohkem kui Lääne-Eesti saartel ja rannikul (joonis 12). Tulevikus selline muster säilib. Sademete hulga suurenemine toimub kõigis kolmes klassis, kuid Ida-Eesti sademeterikkamas piirkonnas suureneb saju hulk pisut järsemalt (joonis 13). Võiks öelda, et saarte ja sisemaa sademete kontrast suureneb, kuid normkliimaga võrreldes võib kujunevat olukorda kirjeldada nii, et saartel sajab palju ja Kagu-Eestis väga palju.

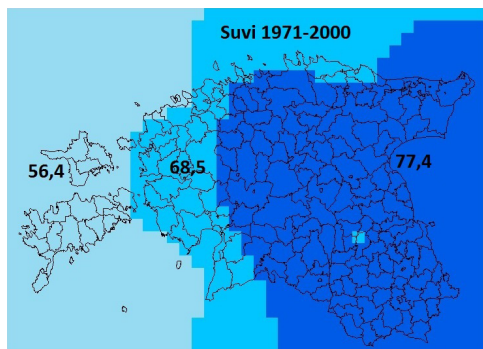


**Joonis 12.** Kevade (MAM) klastrid ja nende keskmine sademete summa normkliima perioodil 1971–2000.

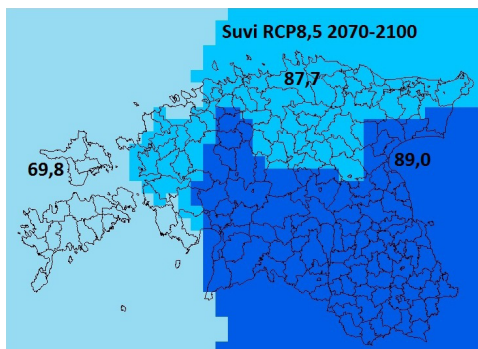


**Joonis 13.** Kevade (MAM) klastrid ja nende keskmine sademete summa stsenaariumi RCP8.5 kohaselt perioodil 2071–2100.

Ka suvel kehtivad üldjoontes sarnased seaduspärasused kui kevadel – rannikul ja saartel sajab suhteliselt vähem. Siiski on ranniku sademetevaesem piirkond palju kitsam kui kevadel (joonis 14). Selline jaotus kehtib ka tulevikus – ranniku sademetevaene piirkond väheneb veelgi. Oluline muutus võib toimuda 21. sajandi lõpus, mil nii stsenaariumi RCP4.5 kui ka RCP8.5 realiseerumisel muutub Lääne-Eesti saarte ja Mandri-Eesti vaheline kontrast sedavõrd tugevaks, et sisuliselt saabki rääkida kahest sademete regioonist: saared ja manner. Mandri-Eesti jaguneb sel juhul jällegi mitte rannikuks ja sisemaaks, vaid Põhja- ja Lõuna-Eestiks (joonis 15). Siiski ei tohi antud muutusest teha järeldust Lääne-Eesti saari ähvardaks tulevikus veepuudus. Võrreldes normkliima perioodiga sajab tulevikus saartel rohkem ja mandril oluliselt rohkem.

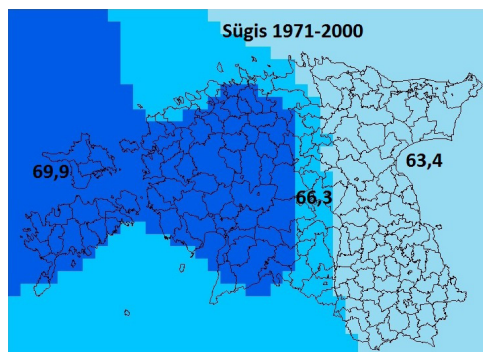


**Joonis 14.** Suve (JJA) klastrid ja nende keskmine sademete summa normkliima perioodil 1971–2000.

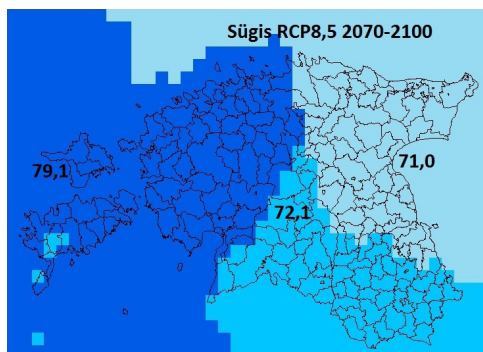


**Joonis 15.** Suve (JJA) klastrid ja nende keskmine sademete summa stsenaariumi RCP8.5 kohaselt perioodil 2071–2100.

Sügisel pöördub sademete geograafia vastupidiseks – rannikul sajab enam kui Ida-Eestis. Selgelt ilmneb Lääne-Eesti sademetehari ehk rannikujoonega enam-vähem paralleelne suurem sademetevöönd Mandri-Eesti lääneosas (Tarand jt, 2013; joonis 16). Tulevikus selline jaotus säilib, kuigi ilmselt saab Lääne-Eesti sademetehari olema veelgi teravam (joonis 17).

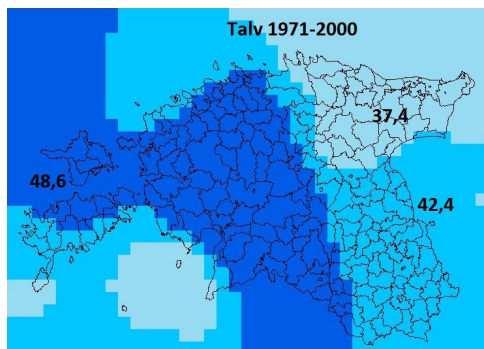


**Joonis 16.** Sügise (SON) klastrid ja nende keskmine sademete summa normkliima perioodil 1971–2000.

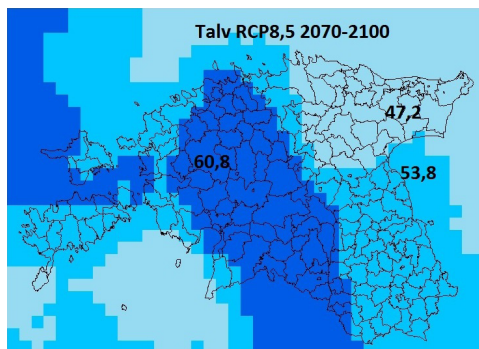


**Joonis 17.** Sügise (SON) klastrid ja nende keskmine sademete summa stsenaariumi RCP8.5 kohaselt perioodil 2071–2100.

Talviste sademete jaotuse praegune muster sarnaneb sügisega, kuigi Lääne-Eesti sademetehari tuleb veelgi selgemalt välja. Suhteliselt vähem sajab Kirde-Eestis ja Liivi lähel (joonis 18). Tõenäoliselt tekib tulevikutalvedes selgem kontrast Kirde-Eesti ja ülejäänud Eesti vahel (joonis 19). Oletatavasti sajab 21. sajandi lõpus Kirde-Eestis lund sagedamini kui mujal Eestis. Teatavasti aga annab lumesadu alati vihmast suhteliselt vähem vett. Lumesadu ja lumikatte püsimine võiks tulevikus tähendada sedagi, et Kirde-Eesti jõgedel säilib kevadise suurvee oht, seevastu Lääne-Eestis esineb suurvett harva.



**Joonis 18.** Talve (DJF) klastrid ja nende keskmine sademete summa normkliima perioodil 1971–2000.



**Joonis 19.** Talve (DJF) klastrid ja nende keskmine sademete summa stsenaariumi RCP8.5 kohaselt perioodil 2071–2100.

## Kokkuvõte

Kliimamudelite ruumiliselt detailsed väljundid avavad suurepäraseid võimalusi hindamiseks tulevaste kliimamuutuste mõjusid Eesti erinevates regioonides. Erinevate metoodikate ja rakendusvõimaluste valik on tegelikult äärmiselt lai. Samas tuleb tunnistada tulevikuprojektsioonide paradoksi – mida detailsemaks ajas ja ruumis minna, seda suuremaks läheb juhuslikkuse mõju ja määramatus. Seetõttu on antud juhul vaadeldud vaid aastaaegade keskmiisi valitud kolmes klassis. Seeläbi eristuvad kolm Eesti peamist kliimaregiooni: Mandri-Eesti, rannik ja merealad Lääne-Eesti saartega. Sademete puhul joonistub välja ka Lääne-Eesti sademetehari.

Detailsemate analüüside jaoks, kus eristuksid Pandivere või Kagu-Eesti kõrgustikud, oleks vaja ka rohkemate ilmajaamade andmeid, mida aga normkliima perioodi jaoks meil kasutada ei olnud. Seetõttu iseloomustab nii Otepää kui ka Haanja kõrgustikku vaid Võru jaam, millest üksi ei piisa Kagu-Eesti klastri eristamiseks.

Kolm klastrit – sisemaa, rannik ja meri – säilivad üldjoontes ka tulevikukliimas. Suuremad regionaalsed muutused võivad ilmned 21. sajandi lõpus pessimistliku stsenaariumi, RCP8.5 rakendusel. Ülejäänud juhtudel toimub küll klastrite piiride nihkumisi, kuid kliima soojenemine, nagu ka sademete hulga tõus, toimub peamiselt klastrite piires. Piirkonniti võivad need tõusud olla suuremad kui domeeni keskmine. Mõnes piirkonnas tähendab see kliimamuutustest tingitud probleemide võimendumist ning osaliselt tähendab see ka Eesti-siseste kontrastide suurenemist.

Üks olulisemaid muutusi võib avalduda tuleviku talve õhutemperatuurides. Siin süvenevad regionaalsed erinevused Lääne-Eesti saarte ja Ida-Eesti vahel. Ilmselt läheb talvine keskmine Saaremaal ja Hiiumaal juba lähikümnenditel püsivalt positiivsete temperatuuride poolele, kuna aga Ida-Eestis, eriti aga Kirde-Eestis, võib see juhtuda alles sajandi viimasel veerandil. Ka sademete puhul süveneb Mandri-Eesti ja saarte

vaheline kontrast. Ent antud juhul tähendab see normkliimaga võrreldes siiski kriitilist muutust skaala ülemises lõigus „palju vs väga palju“. RCP8.5 kohaselt sajab Saaremaal sajandi lõpus rohkem kui viiendiku võrra enam kui normkliima perioodil.

## **Kasutatud kirjandus**

- Jaagus, J. (2015). Eesti kliima uurimise ajaloost. Ettekanne Meteoroloogiapäeval, 23.03.2015. [http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2015/03/Jaagus\\_2015.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2015/03/Jaagus_2015.pdf)
- Jaagus, J., Briede, A., Rimkus, E. & Remm, K. (2010). Precipitation pattern in the Baltic countries under the influence of large-scale atmospheric circulation and local landscape factors. *International Journal of Climatology*, 30(5), 705–720.
- Jaagus, J. & Truu, J. (2004). Climatic regionalisation of Estonia based on multivariate exploratory techniques. Tiia Kaare; Jaan-Mati Punning (Toim.). Estonia. Geographical Studies (41–55). Tallinn: Estonian Academy Publishers.
- Jõgi, J. (1994). Konverents „20 aastat mikrokliima süstemaatilist uurimistööd Eestis“. Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat 26, 138–140.
- Karing, P. (1992). Õhutemperatuur Eestis. Eesti Teaduste Akadeemia, Eesti Geograafia Selts, Tallinn.
- Karing, P. (2013). The regionalisation of microclimate data. *Baltic Horizons*, 19, 57–67.
- Karing, P. (2014). The regionalisation of microclimate resources. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*. 3(1), 79–83. <http://european-science.com/eojnss/article/view/812>
- Kirde, K. (1943). Kliima-valdkonnad Eestis. K. Mattiesen, Tartu.
- Kurrik, V. (1924). Eesti kliima valdkonnad. *Loodus*, 9, 473–485.
- Linoff, G. S. & Berry, M. J. A. (2011). *Data Mining Techniques: For Marketing, Sales, and Customer Relationship*. Wiley.
- Luhamaa, A., Kallis, A., Mändla, K., Männik, A., Pedusaar, T. & Rosin, K. (2015). Eesti tuleviku kliima stsenaariumid aastani 2100. Lepingulise töö aruanne projekti “Eesti riikliku kliimamuutuste mõjuga kohanemise strateegia ja rakenduskava ettepaneku väljatöötamine” lisana. Keskkonnaagentuur.
- Raik, A. (1967). Eesti kliimaatilisest rajoneerimisest. *Eesti Loodus* 2, 65–70.
- Sresnewsky, B. (1913). Bericht über die Ergebnisse der Beobachtungen für das Liv-Est-Kurländische Regenstationsnetz : 25-jährige Mittelwerte der Niederschlagsmenge, Anzahl der Niederschlagstage und Temperatur für das Zeitraum 1886–1910. Dorpat.
- Tarand, A., Jaagus, J. & Kallis, A. (2013). Eesti kliima minevikus ja tänapäeval. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.

## **Tormid Eesti tulevikukliimas**

Mait Sepp

Tartu Ülikooli geograafia osakond

Üks ohtusid, mida kliimamuutuste negatiivsete mõjude puhul sageli rõhutatakse, on tulevikus sagenevad ja tugevnevad tormid. Purustusi ja üleujutusi tekitavad tormid on ka praegu meedia lemmikuiks, pakkudes paeluvaid ja dramaatilisi kaadreid hättasattunud inimestest ja hävinud kinnisvarast. Teaduskirjanduses kinnitatakse, et looduskatastroofide, sealhulgas tormide poolt tekitatud majanduslik kahju suureneb aasta-aastalt (IPCC, 2014, Smith & Katz, 2013).

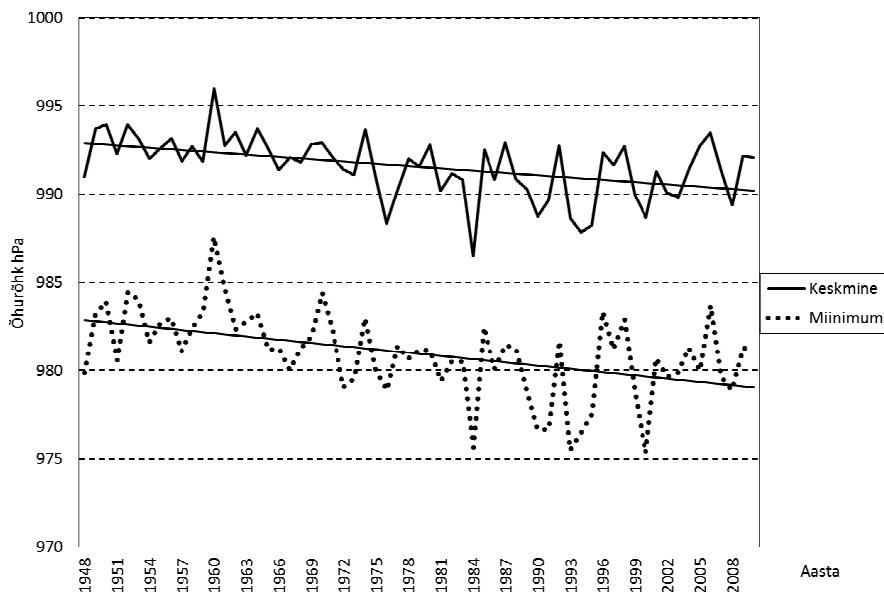
Kasvuhoonegaaside kontsentratsiooni tõusust atmosfääri lõksu jäänud soojus on lisaenergia, mida osaliselt kasutatakse ära uute ja tugevamate tsüklonite tekkeks. Seetõttu viidatakse paljudes tulevikukliima prognoosides võimalusele, et senine tormisuse kasv Läänemere piirkonnas jätkub ka 21. sajandil (BACC, 2015; Gregow *et al.*, 2012; Jaagus & Suursaar, 2013). Luhamaa jt (2015) ennustavad keskmiste tuulekiiruste kasvu talvel ja osaliselt kevadel. Peamiselt kirjandusallikate põhjal (Meier, 2006; Meier *et al.*, 2011; Luhamaa jt, 2015) võib eeldada, et tuulekiirused kasvavad tõenäoliselt vahemikus 3–18 % ning see on seotud Atlandilt Läänemere piirkonda liikuvate tsüklonite arvu suurenemisega.

Teisalt tuleb arvestada, et tulevikuennustused tormide sagenemise ja tugevnemise osas on vastuolulised, sest pikaajalistes kliimamudelites on tormisuse prognoosides jätkuvalt väga kõrge määramatus. Suhteliselt usaldusväärseks võib pidada vaid pikaajalise keskmise tuulekiiruse muutuse ennustusi (Meier, 2006; Meier *et al.*, 2011; Luhamaa jt, 2015; BACC, 2015).

Arvestama peab ka teatavate vastuoludega mineviku tormide erinevate parameetrite muutuste analüüsides. Meteoroloogilistes jaamades mõõdetavates tuulesuundade ja -kiiruste pikaajalistes aegridades on homogeensusprobleemid väga tavalised. See tähendab, et kas mõõtmismetoodika, -koha muutustest vms on aegridades eelneva perioodiga võrreldes hoopis teiste statistiliste omadustega andmed. Tuuleandmete mõõtmisel on Eestis üsna sagedane probleem see, et meteojaama ümber ajapikku pikemaks kasvavad puud kunstlikult vähendavad tuulekiirust (Jaagus & Kull, 2011).

Viimastel kümnenditel on Eesti rannikul täheldatud tuuletormide esinemissageduse olulist kasvu (Jaagus & Suursaar, 2013; Suursaar, Jaagus & Tõnisson, 2015). Samas on märgatavad ka tuule ja lainetuse suuna muutused (Keevallik & Soomere, 2008; 2014; Jaagus & Kull, 2011; Soomere *et al.*, 2015). Kõik need tendentsid viitavad tsüklonaalsuse muutustele Läänemere piirkonnas. Viimase poole sajandi jooksul pole tsüklonite üldarv Läänemere piirkonnas oluliselt muutunud, kuid õhurõhk nende keskmises on

vähenenud (Sepp, Post & Jaagus, 2005; Sepp, 2009). See tähendab, et tsüklonid on üldiselt tugevamaks läinud (joonis 1). See võib olla tuuletormide sagenemise üks põhjuseid, kuna tugevamate tsüklonitega kaasnevad reeglina ka suuremad tuulekiirused.



**Joonis 1.** Läänemere piirkonda tungivate tugevate (keskmine rõhk alla 1000 hPa) madalrõhkkondade aasta keskmine ja minimaalne õhurõhk perioodil 1948–2010 (Mändla, 2014).

Tormide mõjude ennustamisel tuleb aga silmas pidada, et kõik tugevad tormid ei pruugi olla ohtlikud. Nagu iga katastroofi puhul, nii muutub ka torm kui loodusnähtus ohtlikuks mitme ebasoodsa asjaolu koosmõjul. Näiteks 2005. aasta jaanuaris toimunud Pärnu linna ja Eesti läänerranniku üleujutusele sarnase olukorra tekkeks on tarvis mitut üksteisele järgnevat tsüklonit ehk tsüklonite jada, millega seotud loodetuuled lükkavad vee Liivi lahte. Tsüklonite ahela järel peab liikuma teatud kindlal trajektooriga tugevam madalrõhkkond, mille keskme möödumisel Eestist pöörduv tuul loodest läände ja edasi edelasse (Post & Kõuts, 2014). Sellega pressitakse Liivi lahte kogunenud vesi vastu Eesti rannikut, sealhulgas kitsasse Pärnu lahte, kus see linna tungib (Suursaar *et al.*, 2003; 2006; Suursaar & Sooäär, 2007; Post & Kõuts, 2014). Selliste Pärnu linna jaoks ebasoodsate asjaolude kokkulangemise tõenäosus on suhteliselt madal (kord 30–40 aasta jooksul). Samuti pole võimalik kindlalt väita, kas kliimamuutused toovad kaasa selliste juhtumite sagenemise. Võib vaid spekuloida, et kui tsüklonite arv tulevikus suureneb, siis suureneb Pärnu üleujutuseks nn õige trajektooriga tsüklonite esinemise tõenäosus.



Sama võib üldistada rannikuerosiooni tekitavate tormide kohta – peamiselt tekitavad purustusi tugevad, kuid küllalt spetsiifilistel trajektoridel liikuvad madalrõhkkonnad. Rannikuerosioonile on viimastel kümnenditel peamiselt kaasa aidanud jäävabade talvede sagenemine ja tuuletormide arvu kasv koos inimtegevuse muutustega rannikualal (Kont *et al.*, 2007; Orviku *et al.*, 2009; Tõnisson *et al.*, 2011; 2013). Kas ja kuivõrd on viimati mainitud protsessid seotud viimase poole sajandi jooksul täheldatava tsüklonite trajektooride nihkumisega põhja poole (Sepp, Post & Jaagus, 2005; Tõnisson *et al.*, 2011), vajab veel täpsemat uurimist.

## **Kasutatud kirjandus**

- BACC II Author Team (Ed.) (2015). Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Regional Climate Studies. Springer International Publishing.
- Gregow, H., Ruostenoja, K., Pimenoff, N. & Jylhä, K. (2012). Changes in the mean and extreme geostrophic wind speeds in Northern Europe until 2100 based on nine global climate models. *Int. J. Climatol.*, 32, 1834–1846.
- IPCC (2014). The Fifth Assessment Report.
- Jaagus, J. & Kull, A. (2011). Changes in surface wind directions in Estonia during 1966–2008 and their relationships with large-scale atmospheric circulation. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 60(4), 220–231.
- Jaagus, J. & Suursaar, Ü. (2013). Long-term storminess and sea level variations on the Estonian coast of the Baltic Sea in relation to large-scale atmospheric circulation. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 62(2), 73–92.
- Keevallik, S. & Soomere, T. (2008). Shifts in early spring wind regime in North-East Europe (1955–2007). *Climate of the Past*, 4(3), 147–152.
- Keevallik, S. & Soomere, T. (2014). Regime shifts in the surface-level average air flow over the Gulf of Finland during 1981–2010. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 63(4), 428–437.
- Kont, A., Endjärv, E., Jaagus, J., Lode, E., Orviku, K., Ratass, U., Ravis, R., Suursaar, Ü. & Tõnisson, H. (2007). Impact of climate change on Estonian coastal and inland wetlands – a summary with new results. *Boreal Environment Research*, 12, 653–671.
- Meier, H. E. M. (2006). Baltic Sea climate in the late twenty-first century: a dynamical downscaling approach using two global models and two emission scenarios. *Climate Dynamics*, 27(1), 39–68.
- Meier, H. E. M., Höglund, A., Döscher, R., Andersson, H., Löptien, U. & Kjellström, E. (2011). Quality assessment of atmospheric surface fields over the Baltic Sea from an ensemble of regional climate model simulations with respect to ocean dynamics. *Oceanologia*, 53, 193–227.
- Mändla, K. (2014). Southern cyclones in northern Europe and their influence on climate variability. *Dissertationes Geographicae Universitatis Tartuensis* 54.
- Orviku, K., Suursaar, Ü., Tõnisson, H., Kullas, T., Ravis, R. & Kont, A. (2009). Coastal changes in Saaremaa Island, Estonia, caused by winter storms in 1999, 2001, 2005 and 2007. *Journal of Coastal Research*, SI 56, 1651–1655.
- Post, P. & Kõuts, T. (2014). Characteristics of cyclones causing extreme sea levels in the northern Baltic Sea. *Oceanologia*, 56(S)(2), 241–258.



- Sepp, M. (2009). Changes in frequency of Baltic Sea cyclones and their relationships with NAO and climate in Estonia. *Boreal Environment Research*, 14, 143–151.
- Sepp, M., Post, P. & Jaagus, J. (2005). Long-term changes in the frequency of cyclones and their trajectories in Central and Northern Europe. *Nordic Hydrology*, 36(4–5), 297–309.
- Smith, A. & Katz, R. (2013). U.S. Billion-dollar Weather and Climate Disasters: Data Sources, Trends, Accuracy and Biases. *Natural Hazards*, 67(2), 387–410.
- Soomere, T., Bishop, S. R., Viska, M. & Räämet, A. (2015). An abrupt change in winds that may radically affect the coasts and deep sections of the Baltic Sea. *Climate Research*, 62(2), 163–171.
- Suursaar, Ü., Jaagus, J. & Tõnisson, H. (2015). How to quantify long-term changes in coastal sea storminess? *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 156, 31–41.
- Suursaar, U., Kullas, T., Ottsmann, M. & Kõuts, T. (2003). Extreme sea level events in the coastal waters of western Estonia. *Journal of Sea Research*, 49(4), 295–303.
- Suursaar, Ü., Kullas, T., Ottsmann, M., Saaremäe, I., Kuik, J. & Merilain, M. (2006). Cyclone Gudrun in January 2005 and modelling its hydrodynamic consequences in the Estonian coastal waters. *Boreal Environment Research*, 11(2), 143–159.
- Suursaar, Ü. & Sooäär, J. (2007). Decadal variations in mean and extreme sea level values along the Estonian coast of the Baltic Sea. *Tellus Series A-Dynamic Meteorology and Oceanography*, 59(2), 249–260.
- Tõnisson, H., Suursaar, Ü., Orviku, K., Jaagus, J., Kont, A., Willis, D. A. & Ravis, R. (2011). Changes in coastal processes in relation to changes in large-scale atmospheric circulation, wave parameters and sea levels in Estonia. *Journal of Coastal Research*, SI64–1, 701–705.
- Tõnisson, H., Suursaar, Ü., Ravis, R., Kont, A. & Orviku, K. (2013). Observation and analysis of coastal changes in the West Estonian Archipelago caused by storm Ulli (Emil) in January 2012. *Journal of Coastal Research*, SI 65(1), 832–837.

## Üleujutustest Eesti linnades

Martin Gauk

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### Sissejuhatus

Kõigi eelduste kohaselt kaasneb kliima soojenemisega äärmuslike ilmastikunähtuste sagenemine, mis toob lähikümnenditel kaasa jääliustike sulamise, mereveetaseme tõusu ning tormide intensiivistumise, aga ka muutusi sademete hulgas ja nende aastasiseses jaotuses. Kriitilised muutused veerežiimis ning soojade talviste õhumasside sagenemine ei lase omakorda tekkida merejää, mille tõttu muutuvad rannikulinna talviste tormide ja nendega kaasnevate üleujutuste mõjudele üha enam avatumaks. Kõik see tähendab, et lähitulevikus on tõenäoliselt oodata rannikualade üleujutuste ja ka paduvihmadest põhjustatud üleujutuste sagenemist ning intensiivistumist, kuid samas tähendab lume- ja jääkatte vähenemine kevadiste siseveekogude üleujutuste harvenemist (EEA, 2012; KOM, 2009; SWD 133, 2013; Jaagus & Kull, 2011; Suursaar *et al.*, 2011; Tammets & Jaagus, 2013).

Üleujutustega arvestamine on linnaplaneerimises ja -korralduses oluline teema. Linnades on inimeste elutegevus koondunud väga piiratud maa-alale, mida iseloomustab spetsiifiline maakasutus, ehitatud keskkond ja linnamaastik (Ernstson *et al.*, 2010). Linnastumise käigus toimub loodusliku pinnase ja taimestiku vähenemine, asendades need läbitungimatute tehispindadega – hoonete ja taristuga –, mis ei võimalda liigveel piisava kiirusega maapinda imbuda (Pütz *et al.*, 2011; Ricardo-AEA, 2013). Seega ei pruugi üleujutustega kaasnevate kahjude põhjus alati olla paratamatu loodusjõud, vaid sageli peitub see hoopis puudulikus planeerimises, projekteerimises või ehitamise järelevalves (Keskkonnaministeerium, 2011). Üleujutuste mõjude puhverdamisel, üleujutusrisi ennetamisel ning leevendamise- ja kohanemismeetmete välja töötamisel on oluline arvestada mitmete asukohateguritega nagu linna ruumiline tihedus, morfoloogia ning rohe- ja veealade osakaal linnamaastikus (Davoudi *et al.*, 2009).

Üleujutusalaad Eestis on veemajanduskavade koostamise protsessi käigus täna- seks väga hästi kaardistatud (Keskkonnaministeerium, 2011; 2014; 2015). See on Eesti senises riiklikult koordineeritud ja strateegiliselt kavandatud kliimakohanemise tegevustest kõige põhjalikumalt läbi töötatud valdkond. Käesolev analüüs tugineb oluliselt eespool mainitud töö tulemustele, täiendavalt täpsustati üleujutusalaade piire ning vaadeldi nende alaade elanike ja hoonestu tundlikkust ja haavatavust, tuginedes statistikaameti ja maa-ameti andmetele.

## Üleujutuste liigid Eestis

Üldistatult tähendab üleujutus olukorda, mille käigus toimub veega katmata maa-ala ajutine kattumine veega. Üleujutuste teke sõltub nii meteoroloogilistest ja hüdroloogilistest teguritest kui ka inimtegevusest. Näiteks põhjustavad üleujutusi nii mereveetaseme tõus, jõgede ja järvede üle kallaste tõusmine kui ka erakordselt suured sademed. Üleujutusohuga seotud riskiks on üleujutuse esinemise tõenäosus koos üleujutusest põhjustatud võimalike kahjulike tagajärgedega inimese tervisele, varale, keskkonnale, kultuuripärandile ja majandustegevusele (Keskkonnaministeerium, 2011). Mõju võib olla kas otsene, näiteks kahjud ja kulud, mida tuleb kanda üleujutuste esinemise korral lokaalselt, või kaudne, näiteks üleujutustest tingitud tarneahelate katkemise tõttu saamata jäänud tulu (Wackernagel *et al.*, 2006; Seto *et al.*, 2012).

Eesti loodustingimustes saab välja tuua järgmised üleujutuste liigid, mis tiheasustusalasid kliimamuutuste käigus mõjutavad:

- **rannikumere üleujutused** – põhjustatud meretaseme tõusust;
- **vooluveekogu sāngi täitumisest põhjustatud üleujutused** – põhjustatud vooluveekogu sāngi mõõtmete vähenemisest erinevatel põhjustel (näiteks jää kogunemisel mingisse punkti);
- **järvede üleujutused** – põhjustatud lume sulamisest, suurtest sademetest, tulvade, äravoolu puudulikkusest, aga näiteks ka pikemaajase ühes suunas puhuvast tuulest;
- **paduvihmadest põhjustatud üleujutused:**
  - **äkktulvad** – kiired üleujutused, mis saavad alguse väiksemate jõgede ja ojade veetaseme tõusust. Põhjustatud äkilisest tugevast ja tormisest vihmajärgist. Üleujutuse maksimum saavutatakse tundidega;
  - **sademeveest tingitud üleujutus tiheasustusaladel** – põhjustatud veekindlatelt aladelt kiiresti äravoolavast vihmaveest või lumesulaveest, mis juhtub tõrgetega sademeveekanaliseerimisel;
  - **sujuvalt kujunevad üleujutused** – põhjustatud pikaajaliste rohkete sademete või lume sulamise tõttu ülejäävatest väiksematest jõgedest, ojadest ja järvedest.

**Rannikumere üleujutused.** Kliima soojenemine aktiveerib tsüklonaalset tegevust põhjapoolkeral, kus sage madal- ja kõrgrõhkkondade vaheldumine muudab ilma heitlikuks, paisutades tuule tihti tormiks (ESPO, 2011). Tugevad edela- ja läänetormid võivad põhjustada tormiaju, mille näol on tegu järsu, lühiajalise ja lokaalse nähtusega. Väga kõrge veetaseme tekkimiseks on tuule tugevuse kõrval oluline ka tsükloni trajektor. Seega peab kokku langema mitu ebasoodsat tingimust, mille tõenäosus tsüklonite sageduse suurenedes kasvab (Keskkonnaministeerium, 2013).

Eesti asub Läänemere rannikul ja on avatud valitsevatele läänekaaretuultele, mille tõttu on tormidele eksponeeritud eelkõige rannikupiirkonnad ja -linnad nagu Pärnu, Haapsalu, Tallinn ja Kuressaare (Jaagus & Kull, 2011; Suursaar *et al.*, 2011; Tammets & Jaagus, 2013). Rannikupiirkondade üleujutusrisk tõenäoliselt kasvab, kuna tugevate

tormide esinemine tulevikus sageneb ja talvise jääkatttega päevade arv merel väheneb (Jaagus & Kull, 2011; Suursaar *et al.*, 2011; Tammets & Jaagus, 2013).

Eestis tõuseb tuule kiirus üle 21 m/s keskmiselt 1,7 päeval aastas, enamasti Lääne-Eesti saartel. Tormituuli on kõige rohkem novembrist jaanuarini ning valdavate lääne-tuulte tõttu on enim ohustatud läänerannik ja saared. Tuult kiirusega 33 m/s või enam loetakse orkaaniks, mis võib põhjustada väga suuri purustusi. Orkaanid on Eestis küllaltki harva esinevad – Eestis tõusis ajavahemikul 1981–2005 tuule puhanguline kiirus suuremaks kui 33 m/s kokku üheksal päeval –, kuid nendega kaasnenud kahjud on olnud suured (Tammets, 2012).

Viimaseks orkaani mõõtu tormiks Eestis võib lugeda 2005. aasta 9. jaanuari tormi, mil keskmine tuulekiirus oli 25 m/s ning puhangulised tuuleilid küündisid kuni 38 m/s. Õhurõhu kiire langus ja tugev tuul kergitasid merevee taseme Liivi lahes ja Lääne-Eesti väinades erakordselt kõrgele, ujutades üle nii Lääne-Eesti ranniku kui ka Kasari ja Pärnu jõe äärsed alad. Pärnus tõusis vesi 295 cm üle Kroonlinna nulli ja üle ujutati ligi 8 km<sup>2</sup> suurune ala linnast. Tormis sai kannatada 775 maja ning evakueeriti 300 inimest, hukkus üks ja kümme konnal tuvastati alajahtumine (Tammets, 2012).

**Siseveekogude üleujutused.** Eestis on siseveekogude üleujutused põhjustatud nii kevadise jää ja lume sulamisest kui ka pikaajalistest rohketest sademetest. Jõgede üleujutused on reeglina tingitud sellest, et jõgede sängid tõkestatakse kevadel jääga ning ülesvoolu paisutatakse jõgi üles. Järvede üleujutused on tavaliselt sujuvalt kujunevad üleujutused, mis on põhjustatud pikaajaliste rohkete sademete, lumesula või tulvade tõttu ning kus väljavool on liiga madala languga, et liigvett piisava kiirusega ära juhtida.

Siseveekogude üleujutused on Eestis tagasihoidlikud ning kliimamuutuste prognoosid lubavad eeldada, et jõgede lumesulaveest põhjustatud üleujutused tulevikus pigem vähenevad. Kuna talv muutub soojemaks ja lühemaks, ei teki liiga paksu lumikatet, mis kevadeti kiire sula puhul võiks jõed üle kallaste ajada (ESPON, 2011). Ometi ei ole ka neid, praegu olulise üleujutusala kujutatud alasid, tulevikus ohtu kujutavate alade hulgast otstarbekas välja arvata. Põhjuseks on kliimamuutuste aeglane kulg, mistõttu on väga tõenäoline, et aladel, kus praeguseks on toimunud vooluveekogudest põhjustatud üleujutused, toimuvad need ka tulevikus. Teiseks võib juhtuda, et lumesulaveest põhjustatud jõgede üleujutused asenduvad suurtest vihmahoogudest põhjustatud üleujutustega.

**Paduvihmadest põhjustatud üleujutused.** Perioodil 1891–1950 ja 1961–2006 on sademete hulk suurenenud ja ekstreemsete paduvihmade esinemine sagenenud üle kahe korra (Tammets, 2012). Tugevaks paduvihmaks või eriti ohtlikuks sademete hulga loetakse sademeid 30 mm või rohkem ühe tunni või lühema aja jooksul ning 50 mm või rohkem 12 tunni või lühema aja vältel (Tarand jt, 2013). Suured sajud pikema või lühema perioodi vältel on üks peamisi kliimamuutustega kaasnevaid riskitegureid, mille tagajärjel võivad tekkida üleujutused, kus linnade suur tehispindade (hooned, teed, parklad) osakaal ei lase sademeveel loomulikult teel maapinda imbuda ning kus liigvesi „ei mahu“ kanalisatsiooni- ja drenaažisüsteemidesse. Mida suuremaks kasvab tehispinna osakaal, seda probleemsem on hoogsadude vihmavee ärajuhtimine.

Paduvihmadest tingitud korduvad üleujutused näiteks Tallinnas (Tuukri tn), Tartus (Riia mnt) ja Võrus näitavad, et linnade planeeringutes on vaja üleujutusriske märksa põhjalikumalt käsitleda.

Erakordselt suured sademed võivad tõsta ka jõgede ja järvede ning põhjavee taset, mille tõttu tekkinud üleujutustel võivad linnades olla märksa suuremad tagajärjed. Selliste vihmade võimaliku mõju oluliseks leevendamise aluseks on korrektselt rajatud sademeveesüsteem. Sellisel juhul võib eeldada, et üleujutused on väiksemad ja lühiajalised.

## **Metoodika**

Käesolev analüüs tugineb suuresti „Üleujutusohuga seotud riskide esialgne hinnangu aruanne“ (Keskkonnaministeerium, 2011), „Lääne-Eesti vesikonna üleujutusohuga seotud riskide maandamiskava“ (Keskkonnaministeerium, 2015) ja „Ida-Eesti vesikonna üleujutusohuga seotud riskide maandamiskava“ (Keskkonnaministeerium, 2015) koostamise raames tehtud töö tulemustele, mille käigus määrati kindlaks ja kaardistati üleujutusega seotud riskide hindamise ja maandamise eesmärgil võimalike üleujutuste põhitüübid Eestis ja tuvastati 20 olulise mõjuga riskipiirkonda tiheasustusaladel (Keskkonnaministeerium, 2011). Kusjuures üleujutusohuga seotud riski definitsioonis ei kaasata veesamba paksuse, pindala ega kestuse määranut. Olulisuse määratlemisel lähtutakse kahjuliku mõju iseloomust.

Olulise mõjuga üleujutusosalad jaotati esinemistõenäosuste alusel järgmistesse kategooriatesse (Keskkonnaministeerium, 2011):

- väga väikese tõenäosusega üleujutused või erakorraliste sündmuste stsenaariumid (esinemine vähemalt kord 1000 aasta jooksul);
- väikese tõenäosusega üleujutused või erakorraliste sündmuste stsenaariumid (esinemine vähemalt kord 100 aasta jooksul);
- keskmise tõenäosusega üleujutused (esinemine vähemalt kord 50 aasta jooksul);
- suure tõenäosusega üleujutused (esinemine vähemalt kord 10 aasta jooksul).

Eesti üleujutusohupiirkonna kaardid ning võimalike tagajärgede kirjeldused koostati järgmiste stsenaariumite kohta: veetaseme tõenäoline tõus vähemalt korra 10, 50, 100 ja 1000 aasta jooksul. Veetasemete tõenäosusstsenaariumite arvutamiseks kasutati olemasolevaid hüdro meteoroloogilisi vaatlusandmeridasid (vaatlusandmete puudumisel need modelleeriti või kasutati analoogridu). Üleujutusohuga piirkonna kaartidel on stsenaariumite lõikes olemas järgmised andmed: üleujutuse ulatus, veetase, vooluveekogude korral ka vastav vooluhulk (Keskkonnaministeerium, 2011). Üleujutusohuga seotud riskidega aladele on veemajanduskavade osana koostatud maandamiskavad, kus on välja toodud üleujutusosaladele jäävate elanike arv, tundlikud objektid, üleujutatavad tänavad, ettevõtted jpm (Keskkonnaministeerium, 2015).

Eelpool mainitud tööde raames kaardistatud üleujutusalasid lõigati asustusüksuste pindaladega, et leida asustusüksuste lõikes üleujutuse suhteline ulatus ja mõju. Analüüsist arvati välja need alad, kus üleujutuse kaardistamine oli lõppenud

põhikaardilehe piiriga ja olid seetõttu asustusüksuste lõikes poolikud. Käesolevas töös jäeti välja viis üleujutusala, mille mõjude olulisus on küsitav (Ilmatsalu, Paide) või mille kohta ei olnud terve omavalitsuse kohta andmeid (Papsaare küla, Maidla tiheasustusala, Järvakandi alev). Lisaks arvati suhtarvude arvutamisel asustusüksustest maha alaliselt vee all olevad pinnad.

Üleujutusohuga seotud riskipiirkondadesse jäävate elanike arvu hindamisel on rahvaarvu andmete aluseks 2011. aastal korraldatud rahva ja eluruumide loenduse tulemused. Üleujutusalaade areaalid laaditi üles statistikaameti kaardirakendusse, mille abil on võimalik kokku lugeda täpne elanike arv ohualas täpsusastmega 10 inimest (Statistikaamet, 2015). Sealjuures ei ole hindamisel prognoositud rahvaarvu muutust, kuigi on ilmselge, et isegi 10-aastase perspektiiviga võib rahvaarvus toimuda muutusi, rääkimata 1000-aastase perioodi rahvaarvu prognoosist. Rahvaloenduse näitajad annavad lähteolukorrana piisava info edasiste meetmete olulisuse ja prioriteetsuse väljaselgitamiseks.

Üleujutusohuga seotud riskipiirkondadesse jäävate hoonete arvu hindamisel lähtuti maa-ameti kaardirakendusest, kus loeti kokku eri tüüpi hooned vastavalt maakasutusele.

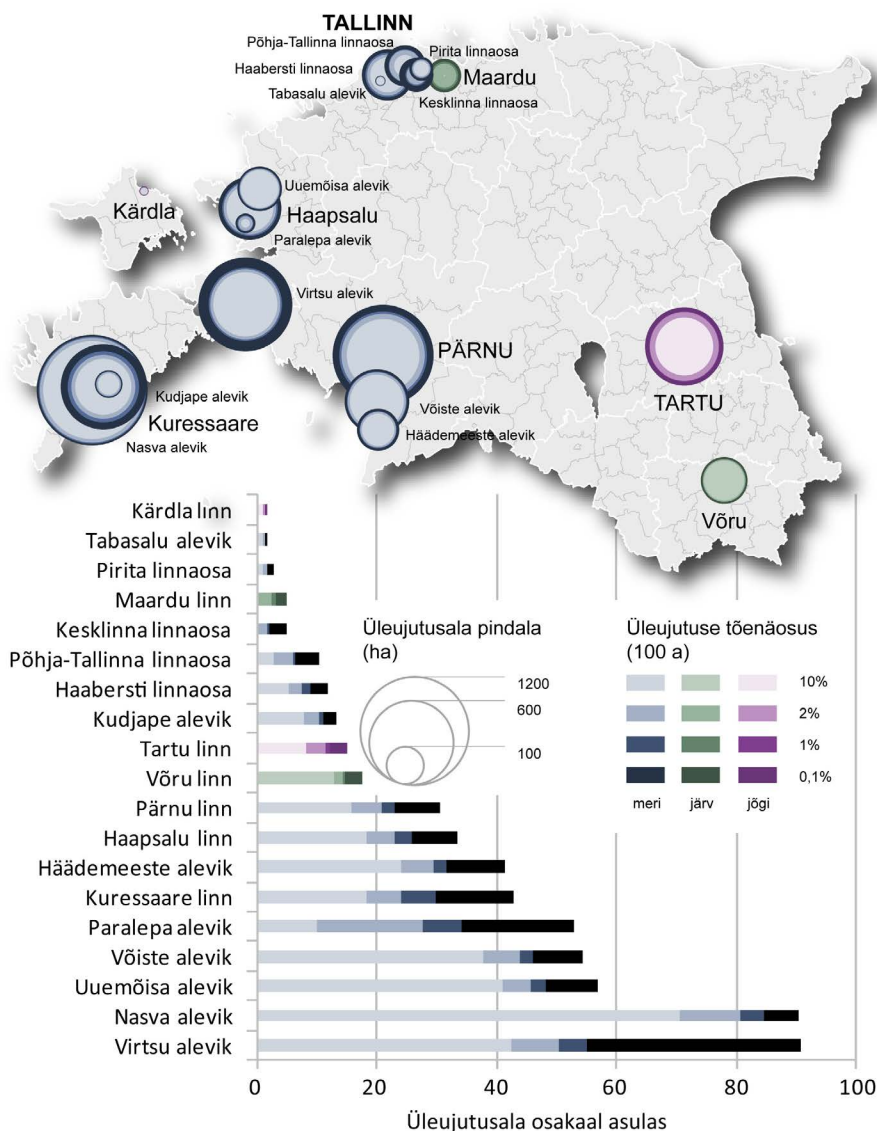
## **Tulemused**

### *Üleujutusalaade paiknemine ja ulatus*

Tiheasustatud alad, mida ohustab olulise mõjuga rannikumere ja siseveekogude üleujutusrisk, on Eestis 16 – kaheksa linna ja kaheksa alevikku. Rannikumere üleujutused on kõige ulatuslikumad ja kõige olulisema mõjuga eri tüüpi üleujutustest Eestis. Rannikumere üleujutused on olulise mõjuga neljas linnas (Pärnus, Tallinnas, Haapsalus ja Kuressaares) ning kaheksas alevikus (Virtsus, Nasval, Uuemõisas, Võistes, Paralepal, Häädemeestes, Kudjapel ja Tabasalus). Siseveekogude üleujutused on olulise mõjuga Tartu, Kärkla, Võru ja Maardu linnas, neist esimesed kaks on seotud jõgede ning viimased kaks järvede veerežiimi kevadiste muutustega (joonis 1).

Eesti üleujutusriskiga linnadest ja alevikest ujutatakse vähemalt kord kümne aasta jooksul üle 34 km<sup>2</sup> (13% riskialade kogupindalast), kord viiekümne aasta jooksul 43 km<sup>2</sup> (17%), kord saja aasta jooksul 47 km<sup>2</sup> (19%) ja kord tuhande aasta jooksul 62 km<sup>2</sup> (24%) (joonis 1).

Vähemalt kord 10 aasta jooksul esinevate üleujutuste ulatus on kõige suurem Nasvas, Pärnus, Virtsus, Tartus, Kuressaares, Võistes ja Haapsalus, kus üleujutusala pindala on vastavalt 888 (71% asustusüksuse pindalast), 485 (16%), 380 (42%), 308 (8%), 289 (18%), 267 (38%) ja 202 hektarit (18%). Pindalalt suuremad üleujutused, mille esinemissageduseks on prognoositud vähemalt kord viiekümne aasta jooksul, on samuti kõige ulatuslikumad Nasval, kus potentsiaalselt ujutatakse üle 1014 hektarit ehk 81% asula territooriumist. Taolised üleujutused on suure ulatusega ka Pärnus, Virtsus, Tartus, Kuressaares, Võistes ja Haapsalus, kus üleujutatavate alade pindalaks on vastavalt 642 (21%), 454 (51%), 439 (12%), 378 (24%), 312 (44%) ja 252 hektarit (23%) (joonis 1).



**Joonis 1.** Üleujutusala paiknemine ja ulatus (üleval) ning osakaal linnaliste asustusüksuste pindalast (all).

Veelgi suuremad üleujutused, mille esinemissageduseks on prognoositud vähemalt kord saja aasta jooksul, ujutavad Nasvas, Pärnus, Virtsus, Kuressaares, Tartus, Võistes ja Haapsalus üle vastavalt 1061 (85% asula territooriumist), 709 (23%), 494 (55%), 468 (30%), 459 (12%), 328 (46%) ja 283 hektarit (26%). Vähemalt kord tuhande aasta jooksul aset leidvate ulatuslike üleujutuste esinemise korral ujutatakse Nasvas üle 1136

hektarit (91%), Pärnus 944 hektarit (31%), Virtsus 814 hektarit (91%), Kuressaares 671 hektarit (43%), Tartus 567 hektarit, Võistes 385 hektarit ja Haapsalus 367 hektarit (joonis 1).

Suurema ulatusega üleujutused on veel Uuemõisa ja Häädemeeste alevikus, Võrus, Maardus, Tallinnas Haabersti, Põhja-Tallinna ja Kesklinna linnaosas, kus suuremate üleujutuste korral võib liigvee alla jääda 100–200 hektarit maad. Tabasalu, Kudjape ja Paralepa alevikus, Kärdlas ning Tallinnas Pirita linnaosas on üleujutatavad alad märksa väiksemad. Seal võib suuremate üleujutuste korral liigvee alla jääda 10–70 hektarit maad (joonis 1).

Vaadates üleujutatavate alade suhtelist osakaalu üleujutusriskiohuga aladel, on kõige suuremad kannatajad Nasva, Virtsu, Uuemõisa, Võiste, Paralepa ja Häädemeeste alevik ning Kuressaare, Haapsalu ja Pärnu linn, kus üleujutatavate alade osakaal on vastavalt 71–91%, 42–91%, 41–57%, 38–54%, 10–53% ja 24–42% ning 18–43%, 18–33% ja 16–31% (joonis 1).

### *Üleujutuste mõju elanikele*

Arvestades 2011. aasta rahvaarvu, avaldavad üleujutused vähemalt kord kümne aasta jooksul kõige otsemat mõju 1040 (0%), kord viiekümne aasta jooksul 6080 (2%), kord saja aasta jooksul 7870 (2%) ning kord tuhande aasta jooksul 18 390 (5%) inimesele, kes elavad üleujutusriskiga Eesti linnades ja alevikes (joonis 2).

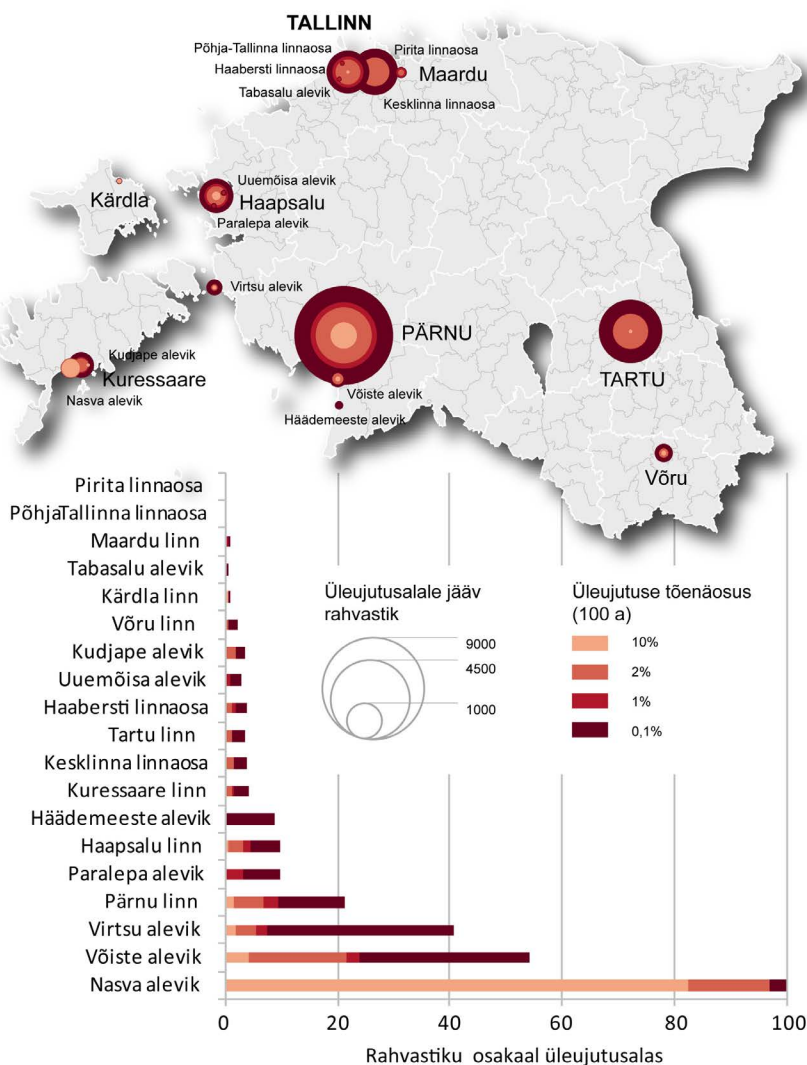
Vähemalt kord 10 aasta jooksul esinevate üleujutuste mõju on kõige suurem Pärnus ja Nasvas, kus üleujutusala jääb vastavalt 600 (1% Pärnu rahvastikust) ja 280 elanikku (82% Nasva rahvastikust). Suuremad üleujutused, mille esinemissageduseks on prognoositud vähemalt kord viiekümne aasta jooksul, mõjutavad samuti kõige enam Pärnu elanikke. Potentsiaalselt jääb üleujutusala 2710 elanikku ehk 7% rahvastikust. Taolistel üleujutustel on oluline mõju ka Tartus, Tallinnas Kesklinna ja Haabersti linnaosas, Nasva alevikus, Haapsalus ja Kuressaares, kus üleujutatavatele aladele jääb vastavalt 1060 (1%), 700 (1%), 530 (1%), 330 (1%) 320 (97%) ja 160 elanikku (1%) (joonis 2).

Veelgi suuremad üleujutused, mille esinemissageduseks on prognoositud vähemalt kord saja aasta jooksul, mõjutavad kõige otsesemalt 3790 (10%) Pärnu, 1110 (1%) Tartu, 830 (2%) Haabersti ja 730 (1%) Kesklinna (Tallinn) elanikku. Oluline mõju avaldub ka Saaremaal ja läänerranniku linnades ja alevikes, kus Haapsalus jääb üleujutatavatele aladele 480 elanikku (5%), Nasvas 330 (97%), Kuressaares 220 (2%) ja Võistes 110 (24%). Vähemalt kord tuhande aasta jooksul aset leidvate ulatuslike üleujutuste esinemise korral jääb Pärnus üleujutatavatele aladele 8460 elanikku (21%), Tartus 3470 elanikku (4%), Tallinnas Kesklinna linnaosas 1860 elanikku (4%), Tallinnas Haabersti linnaosas 1580 elanikku (4%), Haapsalus 1020 elanikku (10%), Kuressaares 570 elanikku (4%), Nasvas 340 elanikku (100%), Võrus 290 elanikku (2%), Võistes 250 elanikku (54%), Virtsus 220 elanikku (41%), Maardus 110 elanikku (1%) ja Häädemeestes 60 elanikku (9%) (joonis 2).



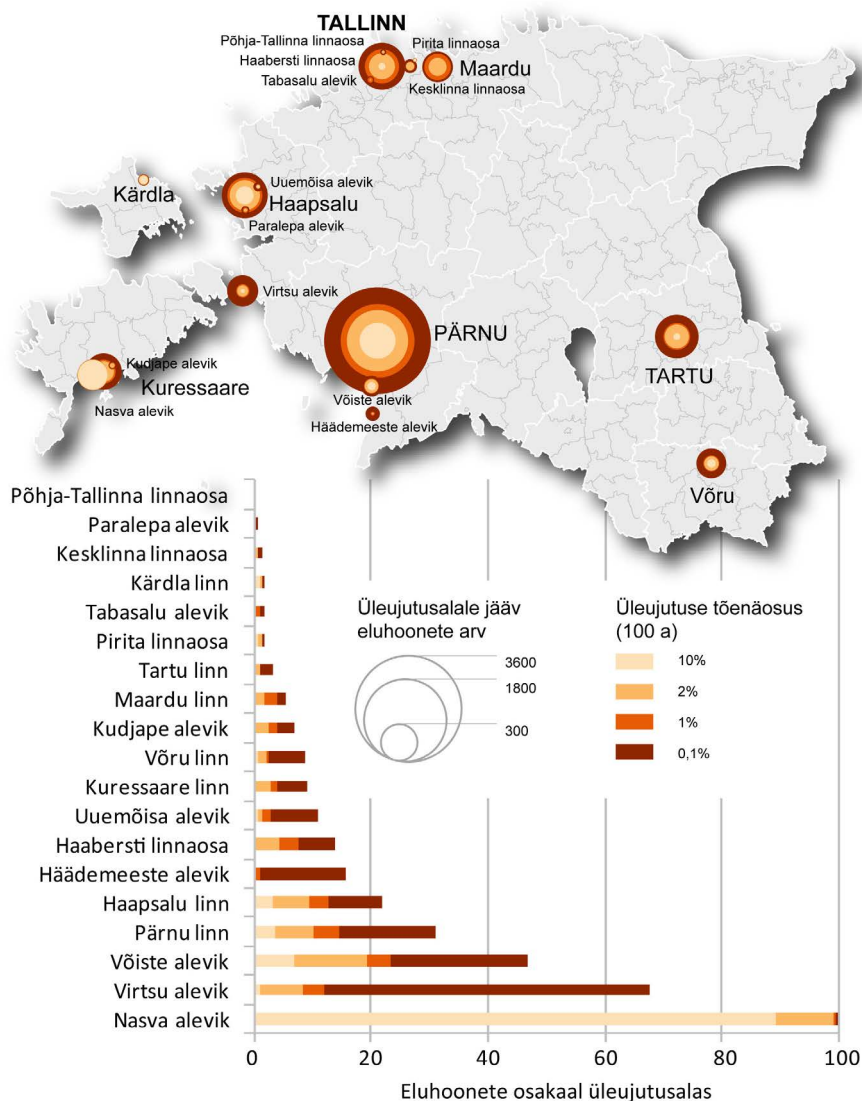
Väiksemates rannikualevikes ning Kärddlas ja Tallinnas Põhja-Tallinna ning Pirita linnaosas elab üleujutatavatel aladel märksa vähem inimesi – erinevate tõenäosustega puudutab üleujutus 0–30 inimest, mis moodustab 0–3% asustusüksuse rahvastikust ning sealsed mõjud on seetõttu väga väikesed (joonis 2).

Vaadates rahvastiku suhtelist osakaalu üleujutusrisiki ohuga aladel, on kõige suuremad kannatajad Nasva, Võiste ja Virtsu alevik, kus üleujutatavatele aladele jääb vastavalt 82–100%, 4–54% ja 2–41% asustusüksuse elanikest, aga ka Pärnu linn, kus üleujutatavatele aladele jääb vastavalt 2–21% asustusüksuse elanikest (joonis 2).



**Joonis 2.** Üleujutusosaladel elava rahvastiku arv (üleval) ja nende osakaal asustusüksuste rahvastikust (all).

## Üleujutuste mõju hoonestusele



**Joonis 3.** Üleujutusosaladele jäävate eluhoonete arv (üleväl) ja nende osakaal asustustüskuste eluhoonetest (all).

Üleujutusriskiga Eesti linnades ja alevikes jääb üleujutusaladele kord kümne aasta jooksul 900 (1%), kord viiekümne aasta jooksul 2650 (4%), kord saja aasta jooksul 3740 (5%) ja kord tuhande aasta jooksul 7620 (11%) eluhoonet (joonis 3).

Vähemalt kord 10 aasta jooksul esinevate üleujutuste mõju on kõige suurem Pärnus, Nasvas ja Haapsalus, kus üleujutusalaadele jääb vastavalt 408 (4% Pärnu eluhoonetest), 271 (89% Nasva eluhoonetest) ja 100 eluhoonet (3% Haapsalu eluhoonetest).

Suuremad üleujutused, mille esinemissageduseks on prognoositud vähemalt kord viie- kümne aasta jooksul, mõjutavad samuti kõige enam Pärnu elamuid. Potentsiaalselt jääb üleujutusalaadele 1193 eluhoonet ehk 10% eluhoonetest. Taolistel üleujutustel on oluline mõju ka Nasvas, Haapsalus, Haaberstis, Tartus, Kuressaares ja Maardus, kus üleujutatavatele aladele jääb vastavalt 301 (99%), 290 (10%), 212 (4%), 181 (1%), 135 (3%) ja 103 eluhoonet (2%) (joonis 3).

Veelgi suuremad üleujutused, mille esinemissageduseks on prognoositud vähemalt kord saja aasta jooksul, mõjutavad kõige otsesemalt 1734 eluhoonet Pärnus (15%), 388 eluhoonet Haapsalus (13%), 373 eluhoonet Tallinnas Haabersti linnaosas (7%), 302 eluhoonet Nasval (100%), 288 eluhoonet Tartus (1%), 233 eluhoonet Maardus (4%) ja 182 eluhoonet Kuressaares (4%). Vähemalt kord tuhande aasta jooksul aset leidvate ulatuslike üleujutuste esinemise korral jääb Pärnus üleujutatavatele aladele 3632 eluhoonet (31%), Haaberstis 696 eluhoonet (14%), Haapsalus 672 eluhoonet (22%), Tartus 603 eluhoonet (3%), Kuressaares 421 eluhoonet (9%), Virtsus 307 eluhoonet (68%), Nasvas 303 eluhoonet (100%), Maardus 297 eluhoonet (5%), Võrus 282 eluhoonet (9%) ja Võistes 139 eluhoonet (47%) (joonis 3).

Väiksemates rannikualevikes ning Kärđlas ja Tallinnas Põhja-Tallinna, Kesklinna ning Piritä linnaosas jääb üleujutatavatele aladele märksa vähem eluhooneid – erinevate tõenäosustega 0–66 eluhoonet, mis moodustab 0–16% asustusüksuse eluhoonetest ning sealsed mõjud on seetõttu väga väikesed (joonis 3).

Vaadates rahvastiku suhtelist osakaalu üleujutusriskiohuga aladel, on kõige suuremad kannatajad Nasva, Virtsu ja Võiste alevik, kus üleujutatavatele aladele jääb vastavalt 89–100%, 1–68%, ja 7–46% asustusüksuse eluhoonetest, aga ka Pärnu ja Haapsalu linn, kus üleujutatavatele aladele jääb vastavalt 2–31% ja 3–22% asustusüksuse eluhoonetest (joonis 3).

Teiste seas saavad kannatada ka ühiskondlikud hooned. Üleujutusalaadele jääb kord kümne aasta jooksul 15 (1%), kord viiekümne aasta jooksul 45 (2%), kord saja aasta jooksul 61 (3%) ja kord tuhande aasta jooksul 163 (9%) üleujutusriskiga Eesti linnade ja alevike ühiskondlikest hoonetest. Kõige suurem kannataja on Pärnu linn, kus erinevate tõenäosustega üleujutuste korral jääb üleujutusalaadele 10–100 ühiskondlikku hoonet. Kannatada saavate ühiskondlike hoonete arv on märkimisväärne ka Haapsalus, Tallinna kesklinnas, Tartus ja Võistes (tabel 1).

Üleujutusalaadele jäävate ühiskondlike hoonete seas on olulisemad Haapsalu Neuroloogiline Rehabilitatsioonikeskus, Pärnu Haigla Päevakeskus, Pärnu Haigla naha- haiguste osakond, Pärnu Kesklinna Lasteaed, Pärnu Tammsaare Lasteaed, Haapsalu Algkool, Haapsalu Sanatoorne Internaatkool, Virtsu Kool, Pärnu Vene Gümnaasium, Pärnu Vanalinna Põhikool, Tallinna Juudi Kool, Tallinna Ülikool, Tartu Ülikooli Pärnu Kolledž, Eesti Ettevõtluskõrgkool Mainori Kuressaare Õppekeskus, Eesti Ettevõtluskõrgkool Mainori Pärnu Õppekeskus, TLÜ Balti Filmi- ja Meediakool, Tallinna Ülikooli Astra maja, Pärnu politseijaoskond, Pärnu Maavalitsus, Lääne Maavalitsus, Tartu Biokliinik, Tartu Raatuse Kool.

**Tabel 1.** Üleujutuste potentsiaalne mõju ühiskondlikele hoonetele linnades ja alevikes.

Asula	Üleujutusale jääv hoonestu				Ühiskondlike hoonete arv asustus-üksuses	Üleujutusale jäävate hoonete osakaal (%)			
	Tõenäosus					Tõenäosus			
	10%	2%	1%	0,1%		10%	2%	1%	0,1%
Pärnu linn	10	25	33	100	312	3,2	8,0	10,6	32,1
Haapsalu linn	2	11	12	22	96	2,1	11,5	12,5	22,9
Kesklinna linnaosa, Tallinn		1	2	14	609	0,0	0,2	0,3	2,3
Tartu linn	1	1	3	11	582	0,2	0,2	0,5	1,9
Võiste alevik	2	7	7	8	11	18,2	63,6	63,6	72,7
Virtsu alevik			2	3	12	0,0	0,0	16,7	25,0
Kuressaare linn				3	106	0,0	0,0	0,0	2,8
Pirita linnaosa, Tallinn			2	2	65	0,0	0,0	3,1	3,1
KOKKU	15	45	61	163	1793	0,8	2,5	3,4	9,1

## Arutelu

Eksponeerituse kõrval on kliimamuutuste mõju hindamisel oluline roll ka linna kui terviksüsteemi tundlikkusel, mis on defineeritav määrana, kui palju kliimaga seotud tegurid süsteemi kas kahjulikult või kasulikult mõjutavad (IPCC, 2001). Kliimariskide kõrval tuleb hinnata ka kõiki teisi ühiskonnaarengu riske, pidades silmas, et ühiskond muutub kiiremini kui kliima või selle mõjud.

Eesti linnade tundlikkus sõltub eelkõige rahvastikuprotsessidest, milleks on rahvastiku kahanemine ja vananemine, iibe langus, aga ka kasvav ruumiline polariseerumine, tallinnastumine ja Harjumaa tihenemine, eeslinnastumine, väikelinnade hääbumine, ääremaastumine ning ulatuslik väljaränne. Kõik need on kliimamuutuste kõrval äärmiselt olulised, kiireloomulised ja samas ka üdini kompleksed teemad nii majanduslike, ökoloogiliste kui sotsiaalsete asjaolude vastasseostes.

Eesti on linnastunud ühiskond – suurem osa (68%) rahvastikust elab linnades (Beltadze, 2012). Linnarahvastiku osatähtsus ka suureneb – seda küll mõneti paradoksaalselt, peamiselt seetõttu, et meie kahaneva rahvastiku juures kahaneb maarahvastik linnarahvastikust kiiremini. Sellest johtuvalt jätkub järgmise ligi 30 aasta jooksul peaaegu kõigis linnades rahvastiku vähenemine ja vananemine. Rahvastikku võidakse vaid kaks suuremat regioonikeskust, Tallinn ja Tartu. Veerandsaja aasta jooksul kahaneb viie maakonnalinna – Haapsalu, Jõhvi, Võru, Valga ja Kuressaare – rahvaarv alla 10 000 elaniku piiri (Tammur, 2014).

Teaduskirjanduses on linnade kliimamuutustega kohanemist analüüsitud valdavalt kasvavate linnade kontekstis. Linnade kahanemise ja kliimamuutustega kohanemise

diskursused on seevastu ruumilises planeerimises jooksnud teineteisega paralleelselt, omamata selget ühist käsitlust. Viimased on ka küllaltki „uued“ kontseptsioonid, kui vaadata nende vähest kajastamist erinevates uuringutes, poliitikadokumentides, strateegiates, planeeringutes ja meetmetes. Valdavalt negatiivsete arengukõverate taustal on kahanevad linnad võimalike kliimamuutuste osas eriti tundlikud – kahanevate linnadega kaasneb funktsioonide, tegevuste ja elanike vähenemine, võimendades sotsiaal-majanduslikku segregatsiooni, vaesumist ja tööpuudust. Samas jääb tühjaks palju hooneid ja eluruume, mis kahandab kinnisvara väärtust, suurendab hooldus- ning kommunaalkulutusi (Dietersdorfer *et al.*, 2012).

Nii ääremaastumise, polariseerumise kui ka valglinnastumisega võimendub sotsiaal-majanduslik segregatsioon, mis väljendub muutustena soolises ja vanuselises struktuuris, aga mõjutab ka ettevõtlust, teenuste pakkumist, sissetulekuid ja tööpuudust. Kliimamuutuste, eelkõige äärmuslike ilmastikunähtuste suhtes, nagu seda on üleujutused, on eriti tundlikud linnad, kus on rohkem väikelapsi, eakaid, puuetega, krooniliste terviseprobleemidega ja vaesemaid elanikke ning ka linnad, mille majandust veab esmasektor (põllumajandus, metsandus, kalandus ja vesiviljelus) või turismisektor. Teiste sektorite tundlikkus on pigem kaudne, puudutades neid läbi keerukate muutuste nõudlus- ja pakkumisahelates (Iglesias *et al.*, 2009; Maracchi *et al.*, 2005; Alcamo *et al.*, 2007; ESPON, 2011; OECD, 2009).

Linnade sotsiaal-majanduslik tundlikkus üleujutustele on otseselt sõltuv ka füüsilise keskkonna tunnustest. Näiteks, kui linna taristu või majandustegevusega seotud hooned on tundlikud üleujutuste suhtes, tõuseb ka majandustegevuse ja inimeste tervise ning heaolu tundlikkus. Üleujutuste esinemise korral purunenud taristu ja hoonete parandamiseks on vaja kasutada täiendavaid vahendeid ja nende ajutine kasutusest välja jäämine võib pidurdada majandustegevust ja teenuste kättesaadavust (sh hädaabi ja haiglaravi) (ESPON, 2011; Deltaprogram, 2014; Van de Ven *et al.*, 2011).

## **Kokkuvõte**

Kliima soojenemisega kaasnev jääliustike sulamine, mereveetaseme tõus, tsüklonaalsus, aga ka muutused sademete hulgas ja aastasiseses jaotuses avaldavad eelduste kohaselt suurt mõju üleujutuste ulatustele ja esinemissagedustele Eestis. Tõenäoliselt sagenevad ja muutuvad intensiivsemaks rannikualade üleujutused ja paduvihmadest põhjustatud üleujutused.

Üleujutusalaad on Eestis veemajanduskavade koostamise protsessi käigus tänaseks väga hästi kaardistatud. See on Eesti senises riiklikult koordineeritud ja strateegiliselt kavandatud kliimakohanemise tegevuses kõige põhjalikumalt läbi töötatud valdkond. Üleujutuste kaardistamist üleujutusrisi maandamise eesmärgil alustati Eestis 2010. aastal. Andmed juba toimunud üleujutustest koguti omavalitsustest, kasutati ka uurin-  
guid, ekspertide hinnanguid ja GIS-modelleerimist. Käesolev analüüs tugineb oluliselt

eelpool mainitud töö tulemustele, täiendavalt täpsustati üleujutusala piire ja vaadeldi nende alade elanike ja hoonestu tundlikkust ja haavatavust, tuginedes statistikaameti ja maa-ameti andmetele.

Tulemused näitavad, et olulise mõjuga rannikumere ja siseveekogude üleujutus-riskiga tiheasustatud alasid on Eestis 16 – kaheksa linna ja kaheksa alevikku. Neist kõige ulatuslikumad ja kõige olulisema mõjuga on rannikumere üleujutused. Vähemalt kord kümne aasta jooksul ujutatakse Eesti linnade ja alevite territooriumid üle 34 km<sup>2</sup> (13% riskialade kogupindalast), kord viiekümne aasta jooksul 43 km<sup>2</sup> (17%), kord saja aasta jooksul 47 km<sup>2</sup> (19%) ja kord tuhande aasta jooksul 62 km<sup>2</sup> (24%) ulatuses, avaldades eri tõenäosustega kõige otsesemat mõju 1040–18 390 elanikule, 900–7620 elu- ja 15–163 ühiskondlikule hoonetele.

Kõige suuremad kannatajad on Pärnu ja Tartu linn, Kesklinna ja Haabersti linnaosad Tallinnas ning Haapsalu linn, kus üleujutatavatele aladele jääb suuremate üleujutuste korral üle tuhande elaniku. Kõige suurem on üleujutuste mõju Pärnus, kus üleujutatavatele aladele jääb kuni 8500 elanikku, 3600 elu- ja 100 ühiskondlikku hoonet.

Lisaks eksponeeritusele on üleujutuste mõju hindamisel kliimamuutuste kontekstis oluline roll ka linna kui terviküsteemi tundlikkuse hindamisel. Kliimariskide kõrval tuleb hinnata ka kõiki teisi ühiskonnaarengu riske, pidades silmas, et ühiskond muutub kiiremini kui kliima või selle mõjud. Eesti linnade tundlikkus sõltub eelkõige rahvastiku-protsessidest, milleks on rahvastiku kahanemine ja vananemine, iibe langus, aga ka kasvav ruumiline polariseerumine, tallinnastumine ja asustuse tihenemine Harjumaal, eeslinnastumine, väikelinnade hääbumine, ääremaastumine ning ulatuslik väljaränne. Kõik need on kliimamuutuste kõrval äärmiselt olulised, kiireloomulised ja samas ka üdini kompleksed teemad nii majanduslike, ökoloogiliste kui sotsiaalsete asjaolude vastasseostes.

## **Kasutatud kirjandus**

- Alcamo, J., Moreno, J. M., Nováky, B., Bindi, M., Corobov, R., Devoy, R. J. N., Giannakopoulos, C., Martin, E., Olesen, J. E. & Shvidenko A. (2007). Europe. In: Parry, M.L.; Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Toim.): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of working group II to the Fourth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: University Press. 541–580.
- Beltadze, D. (2012). Eesti rahvaarv, rahvastiku koosseis ja paiknemine 2011. Aasta rahvaloenduse tulemuste põhjal. Eesti statistika kvartalikirj 4/12.
- Davoudi, S., Crawford, J. & Mehmood, A. (2009). Climate Change and Spatial planning response, in: Davoudi, S.; Crawford, J.; Mehmood, A. (eds.): Planning for climate change. Strategies for mitigation and adaptation for spatial planners, pp. 7–18. London: Earthscan.
- Deltaprogram (2014). Ministry of Infrastructure and Environment, Ministry of economic Affairs. Deltaprogram2014, Working on the Delta, [http://www.deltacommissaris.nl/english/Images/Delta%20Program%202014\\_English\\_tcm310-](http://www.deltacommissaris.nl/english/Images/Delta%20Program%202014_English_tcm310-), (20.02.2015).

- Dietersdorfer, L., Efremova, V., Agueda, F. B., Fleschurz, R., Mangialardi, G., Piscitelli, C., Schmitz, S., Scurrall, B., Sosinski, P., Willi, C. & Wolff, M. (2012). Urban Shrinkage and Chances for Adaptation to Climate Change. Final Report. Dessau.
- EEA (2012). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. EEA Report No 12/2012. European Environment Agency: Copenhagen.
- Ernstson, H., van der Leeuw, S. E., Redman, C. L., Meffert, D. J., Davis, G., Alfsen, C. & Elmqvist, T. (2010). Urban transitions: on urban resilience and human-dominated ecosystems. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 39(8), 531–545.
- ESPON, European Observation Network for Territorial Development and Cohesion (2011). Climate change and territorial effects on regions and local economies. Scientific Report. Luxembourg.
- Iglesias, A., Garrote, L., Quiroga, S. & Moneo, M. (2009). Impacts of climate change in agriculture in Europe. PESETA-Agriculture study, JRC Scientific and Technical Reports.
- IPCC (2001). Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Cambridge: Cambridge University Press.
- Jaagus, J. & Kull, A. (2011). Changes in surface wind directions in Estonia during 1966–2008 and their relationships with large-scale atmospheric circulation. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 60(4), 220–231.
- Keskonnaministeerium (2011). Üleujutusohuga seotud riskide esialgse hinnangu aruanne. <http://www.envir.ee/sites/default/files/yleujutusohuesialgne hinnang.pdf> (17.11.2012).
- Keskonnaministeerium (2013). Eesti kuues kliimaaruanne ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni elluviimise kohta. [http://www.envir.ee/sites/default/files/elfinder/article\\_files/kliimaaruanne\\_et.pdf](http://www.envir.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/kliimaaruanne_et.pdf) (11.04.2014).
- Keskonnaministeerium (2014). Üleujutusohupiirkonna ja üleujutusohuga seotud riskipiirkonna kaardid. <http://www.envir.ee/sites/default/files/kokkuvote.pdf> (19.11.2014).
- Keskonnaministeerium (2015). Üleujutusohuga seotud riskide maandamiskavad. <http://www.envir.ee/et/uleujutusohuga-seotud-riskide-maandamiskavad>.
- KOM (2009). 147 lõplik. Valge raamat. Kliimamuutustega kohanemine: Euroopa tegevusraamistik. Euroopa Ühenduste Komisjon. Brüssel 1.4.2009.
- Maracchi, G., Sirotenko, O. & Bindi, M. (2005). Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. *Climatic change*, 70, 117–135.
- OECD (2009). The Economics of Climate Change Mitigation. Policies and Options for GlobalAction Beyond 2012.
- Pütz, M., Kruse, S. & Butterling, M. (2011). Assessing the Climate Change Fitness of Spatial Planning: A Guidance for Planners, ETC Alpine Space Project CLISP.
- Ricardo-AEA (2013). Adaptation strategies for European cities. Final Report.
- Seto, K. C., Güneralp, B. & Hutyra, L. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(40), 16083–16088.
- Statistikaamet (2015). Statistikaameti kaardirakendus <https://estat.stat.ee/StatistikaKaart/VKR> (03.05.2015).
- Suursaar, Ü., Jaagus, J., Kullas, T. & Tõnisson, H. (2011). Estimation of sea level rise and storm surge risks along the coast of Estonia, Baltic Sea – a tool for coastal management. *Littoral 2010 – Adapting to Global Change at the Coast: Leadership, Innovation, and Investment* (x). EDP Sciences.
- SWD 133 (2013). 133 final. Commission Staff Working Document. Climate change adaptation, coastal and marine issues, SWD (2013) 133 final. European Commission, Brussels, 16.4.2013. [http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/docs/swd\\_2013\\_133\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/docs/swd_2013_133_en.pdf)

- Tammets, T. (2012). Eesti ilma riskid. Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. 2., täiendatud ja parandatud trükk. Tallinn, 152 lk.
- Tammets, T. & Jaagus, J. (2013). Climatology of precipitation extremes in Estonia using the method of moving precipitation totals. *Theoretical and Applied Climatology*, 111(3–4), 623–639.
- Tammur, A. (2014). Eesti suuremad linnad said rahvastikuproгноosi aastani 2040. Statistikablogi. Eesti Statistikaamet. <https://statistikaamet.wordpress.com/2014/04/08/eesti-suuremad-linnad-said-rahvastikuproгноosi-aastani-2040/> (10.02.2015).
- Tarand, A., Jaagus, J. & Kallis, A. (2013). Eesti kliima minevikus ja tänapäeval. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Van de Ven, F., van Nieuwkerk, E., Stone, K., Veerbeek, W., Rijke, J., van Herk, S. et al. (2011). Building the Netherlands climate proof: urban areas, ISBN 978-94-9007-047-2. KvK report nr 042/2011, KvR report nr036/2011.
- Wackernagel, M., Kitzes, J., Moran, D., Goldfinger, S. & Thomas, M. (2006). The ecological footprint of cities and regions: comparing resource availability with resource demand. *Environment and Urbanization*, 18(1), 103–112.



## **Kuumalained ja soojussaared – Tallinna näide**

Valentina Sagris, Mait Sepp ja Martin Gauk

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### **Sissejuhatus**

Kuumalained on üks peamisi Euroopa linnu mõjutavaid kliimariske (EEA, 2012). On väga tõenäoline, et kliimamuutuste tõttu nende esinemissagedus ja intensiivsus tulevikus kasvab (IPCC, 2012). Kõrged õhutemperatuurid suurendavad ka siseruumide ülekuumenemist, tõstavad haigus- ja surmajuhtumite arvu ning vähendavad tööviljakust (Åström *et al.*, 2013; Hübler *et al.*, 2008). Näiteks Hollandis läbi viidud arvutused näitasid hinnanguliselt, et temperatuur üle 25 °C põhjustab tööjõu tootlikkuse olulist langust nii sise- kui välitingimustes. Uuringus leiti, et olenevalt kliimastsenaariumist ulatuvad konditsioneerimata siseruumides ja kuumades välitingimustes töötamisest tuleneva võimaliku tootlikkuse languse tõttu saamata jääv tulu kuni mitmesaja miljoni euronii aastas (Seppanen *et al.*, 2004). Inimtervise seisukohast on ohtlikud kuumalained, mis on üldjuhul võimendunud linna soojussaare efektina (Rizwan *et al.*, 2008; Kovats & Hajat, 2008; Daanen *et al.*, 2011). Soojussaare efekt põhjustab haigestumist ja suurendab suremust, seda eriti tundlike elanikkonna rühmade, väikelaste, krooniliste haigete ja eakamate inimeste seas (EEA, 2008). Viimast kinnitas ka 2010. aasta erakordselt kuum suvi, mille tõttu oli kuumalainete ajal keskmine liigsuremus Eestis eeldatust 31% kõrgem, tuues juunis, juulis ja augustis kaasa 191 surmajuhtumit (Rekker, 2013).

Eestis peetakse hädaolukorraks kuumalainet, kus õhutemperatuur on kõrgem kui +30 °C kauem kui kaks päeva, mille tagajärjel võib ohtu sattuda inimese elu või tervise ja ühtlasi tekkida kahju elutähtsatele teenustele (Terviseamet, 2011). Ajavahemikul 1961–2010 on Eestis sellist olukorda esinenud kümnel suvel, kokku 32 korral, neist 20 korda viimasel kümnendil. Meteoroloogid peavad inimese tervisele eriti ohtlikuks ööpäeva maksimaalse õhutemperatuuri püsimist +30 °C ja kõrgemal viie ja enama päeva vältel. Seda on Eestis ajavahemikul 1961–2014 ette tulnud vaid kolmel suvel: 2003. aasta juuli lõpus Edela-Eestis ning 2006. ja 2010. aasta juulis Kagu-Eestis (Tammets, 2012). Kuumalaine jõudis Eestisse ka 2014. aasta suvel ja kestis järjestikku 6 päeva (Riigi Ilmateenistus, 2015).

Samas kohtame kuumu ilma mõju tervisele käsitlevas teaduskirjanduses erinevaid temperatuuri piirmäärasid. Mitmetes uuringutes peetakse tervisele äärmiselt ohtlikuks just öid, mil õhutemperatuur ei lasku alla +25 °C. Sellisel juhul ei saa inimesed päevasest kuumastressist välja puhata. Eestis pole Tallinn-Harku ega suurt osa Mandri-Eesti ilmastikku iseloomustava Türi ilmajaama andmetel 60-aastase perioodi

(1951–2010) jooksul ühtegi korda ööpäeva miinimumtemperatuur jäänud üle +25 °C. Tarand ja Chelchowski (1974), võttes kuuma (troopilise) öö piiriks miinimumtemperatuuri  $\geq +20$  °C, said perioodil 1951–1965 selliseid öid viieteistkümnes analüüsitasvas Eesti meteoroloogiajaamas vaid 1–4 ööd jaama kohta. Pisut sagedamini esines kuumasid öid rannikujaamades, kus öist kõrgemat õhutemperatuuri hoidis üleval soe meri. Käesolevas töös on uuritud kuuma ilmaga päevi (kuumapäevi), mis määratleti tavapäraselt ööpäeva maksimumtemperatuuri 98. protsentiili alusel. See tähendab, et vaadeldakse vaid 2% kõige kõrgema maksimaalse õhutemperatuuriga päevi. Antud juhul on piiriks võetud +27 °C, mis vastab Türi ööpäeva maksimumtemperatuuri 98. protsentiilile perioodil 1951–2010.

Kuumalained võimenduvad linnades, avaldudes sageli linna soojussaarena (Oke, 2006). Linna soojussaare efekti tekkimine on eelkõige seotud linnade maakasutuse ja ehituslike iseärasustega (van Hove *et al.*, 2015), kus tumedad tehismaterjalid neelavad suurema osa päikesekiirgusest. Selle tõttu kuumenevad teed ja ehitised, mis omakorda kütavad linnaõhku nii öösel kui päeval (Kovats & Hajat, 2008; Dousset *et al.*, 2011; Gromke *et al.*, 2015). Pikaajalise keskmise õhutemperatuuri erinevus linnas ja maal võib varieeruda +3 kuni +10 °C. Maakasutusel on siin määrav roll – mida rohkem on tehiskeskkonna vahel rohe- ja veealasid, seda tugevam on looduskeskkonna jahutav mõju (van Hove *et al.*, 2015; Heusinkveld, 2014). Soojussaare tekkimisele ja võimendumisele aitab kaasa ka õhusaaste, mis ei lase soojuskiirgusel ilmaruumi hajuda. Ka reljeef ja linnamorfoloogia võivad takistada tuule liikumist ja vähendada selle jahutavat mõju (Grimmond, 2007; van Hoof & Blocken, 2010; Gromke *et al.*, 2015). Lisasoojust eraldab ka igasugune inimtegevus, näiteks liiklus ja eluruumide kütmine, tootmine jms (Klok *et al.*, 2015). Soojussaare efekt ei ole tingimata vaid suurlinnade probleem – seda esineb ka väiksemates linnades ja asulates (Steenefeld *et al.*, 2011; van Hove *et al.*, 2015; Klok *et al.*, 2012). Soojussaarte uuringud on tänapäeval maailmas väga levinud, kuid enamasti piirduakse modelleerimisega, kuna piisava täpsusastmega mikrokliima andmestikke leidub ainult üksikute linnade kohta (Rizwan *et al.*, 2008).

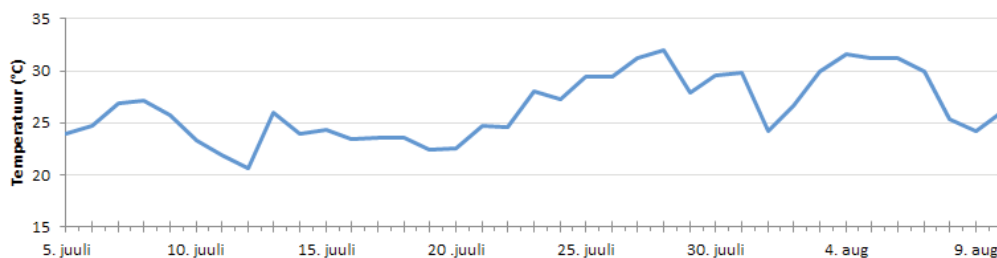
Eestis on ajaloolistel põhjustel mikroklimatoloogilistes uuringutes peamiselt lähtutud põllumajanduslikest huvidest (Karing, 2013), linnade mikroklimatoloogia osas võib nimetada Andres Tarandi töid Tallinna kohta (Tarand, 1974; 1986). Põhjalikumatest töödest, kus muuhulgas analüüsiti ka linnaklimatoloogia aspekte, võib nimetada 1980ndail avaldatud raamatut vastavalt Tallinna (Klimat Tallina, 1982) ja Pärnu (Klimat Pärnu, 1986) ilmastiku kohta. Autoritele teadaolevalt pole Eestis seni linnade soojussaari uuritud, küll aga on täpsemalt analüüsitud kuumalainete mõju inimtervisele (Rekker, 2013).

Järgnevalt on analüüsitud 2014. aasta suve juuli- ja augustikuu kuumalainest tingitud soojussaare efekti avaldumist Tallinnas ning hinnatud Tallinna ja selle ümbruse elanikkonna haavatavust kuumalaine mõjudest väikelaste ja eakate näitel. Soojussaare efekti peamist komponenti – maapinnal asuvate tehisobjektide ülekuumenemist – hinnati NASA satelliidi Landsat 8 termo- ehk soojuskanalis (spektrivahemik

10,30–12,50  $\mu\text{m}$ ) tehtud piltide alusel. Kasutatud soojusfotod on piisavalt detailsed, kuna piksli suuruseks on  $30 \times 30$  m.

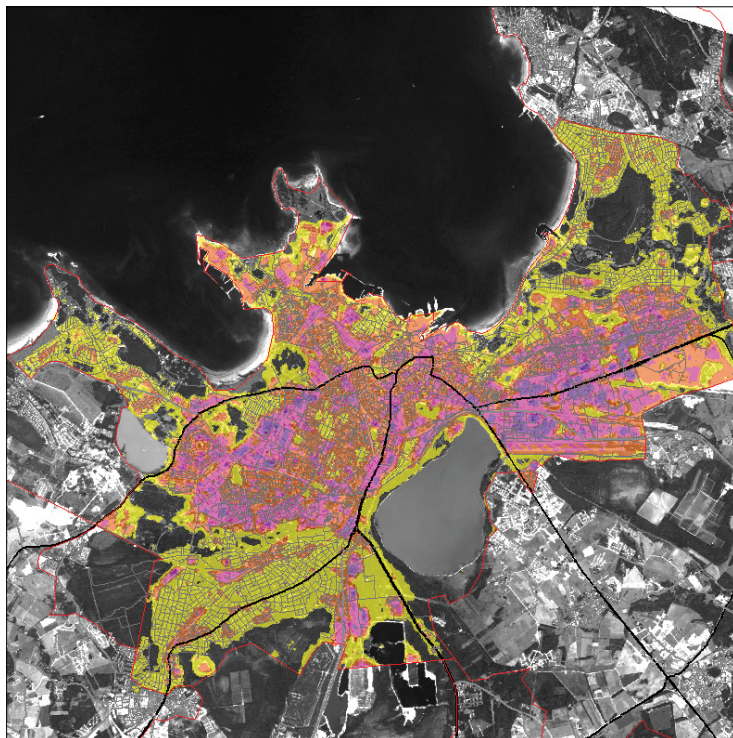
### **Soojussaared Tallinnas ja Harjumaal 25. juulil 2014**

2014. aasta juuli lõpus mõõdeti suures osas Eesti ilmajaamadest ööpäeva maksimumtemperatuuriks  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja enam. Tallinnas kestis üle  $+27\text{ }^{\circ}\text{C}$  periood kaheksa päeva ning pärast paaripäevast pausi vältas kuum ilm veel kuus päeva (joonis 1). Satelliitpildid, mis võimaldavad hinnata maapinna objektide temperatuuri, on tehtud 9. juulil, s.o enne kuumalaine algust, ja 25. juulil, kuumalaine algfaasis. Need kaks pilti katavad ala Tallinnast Pärnuni, osaliselt saared, Lääne-Eesti ja osaliselt ka Kesk-Eesti kuni Viljandi ja Türi. Kolmas pilt, mis sattus kahe kuumalaine vahele, on tehtud 3. augustil ja katab Kesk-Eesti, Pärnu, Tallinna ja Tartu.



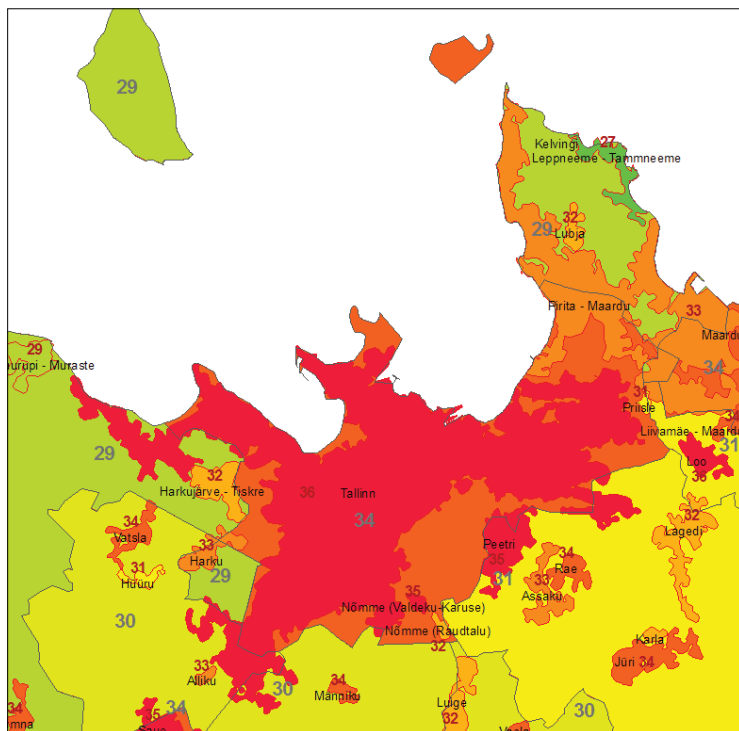
**Joonis 1.** Ööpäeva maksimumtemperatuurid Tallinn-Harku meteoroloogiajaamas 5. juulist 10. augustini 2014.

Joonis 2 näitab temperaturolukorda Tallinnas 25. juulil 2014 11:30 seisuga. Sellel päeval mõõdeti Tallinn-Harku meteoroloogiajaamas maksimaalseks õhutemperatuuriks  $+27,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  (kell 12). Värviga tähistatud pinnad on erineva soojustugevusega alad alates  $+30$  kraadist 5-kraadise sammuga. Kogu linn kannatab soojussaare efekti all – rohelised asumid vähemal määral, kuni  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kõrghoonestusega ning tööstus- ja kaubandusalad suuremal määral. Kõrghoonestusega elurajoonides, näiteks Lasnamäel ja Õismäel, nagu ka tööstus- ja kaubandusaladel on temperatuur Harkus mõõdetavast õhutemperatuurist koguni üle 15 kraadi kõrgem ehk temperatuur küünib  $+45\text{...}+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ni.



**Joonis 2.** Pinnatemperatuur Tallinnas 25. juulil 2014. Landsat 8 satelliitpilt on tehtud kell 11:30.

Satelliidilt saadavate temperatuuriandmete ühildamisel omavalitsuste ja tiheasustusega paikkondade piirdega saame arvutada nende alade keskmise temperatuuri. Sellise keskmistamisega tulevad välja omavalitsustes domineerivad maakasutusmustrid – rohkemate looduslike aladega valdade keskmine temperatuur on mõnevõrra madalam kui näiteks valdades, kus on suured tootmis- või logistikakeskused või turbakaevandused. Antud juhul on valdade keskmised temperatuurid taustaks, millega võrrelda tiheasumite keskmist temperatuuri. Tiheasustusega paikkonnana on statistikaamet defineerinud ala, kus hoonete vaheline kaugus ei ületa 200 m ja elanikke on vähemalt 200 (Statistikaamet, 2011). 25. juuli ennelõunal tehtud satelliitpildi andmetest selgub, et kõikides Harjumaa asulates tõusis temperatuur ümbritsevaga võrreldes +3 kuni +5 °C kõrgemale (joonis 3). Seega võime väita, et Eesti linnades ja asulates avaldub soojussaare efekt juba praegu, ja seda mitte vähemal määral kui teaduskirjanduses analüüsitud Lääne-Euroopa jt suurlinnades.



**Joonis 3.** Soojussaare efekt Tallinnas ja selle ümbruse tiheasumites. Halli piirjoonega on toodud omavalitsuse piir, halli numbriga omavalitsuse keskmine pinna temperatuur. Punase piirjoonega on toodud tiheasumi piir, punase numbriga tiheasumi keskmine pinna temperatuur. Leppneeme-Tammneeme tiheasumite keskmist temperatuuri ei olnud võimalik hinnata, kuna mõlemad asulad asuvad väljaspool satelliitpildi ulatust.

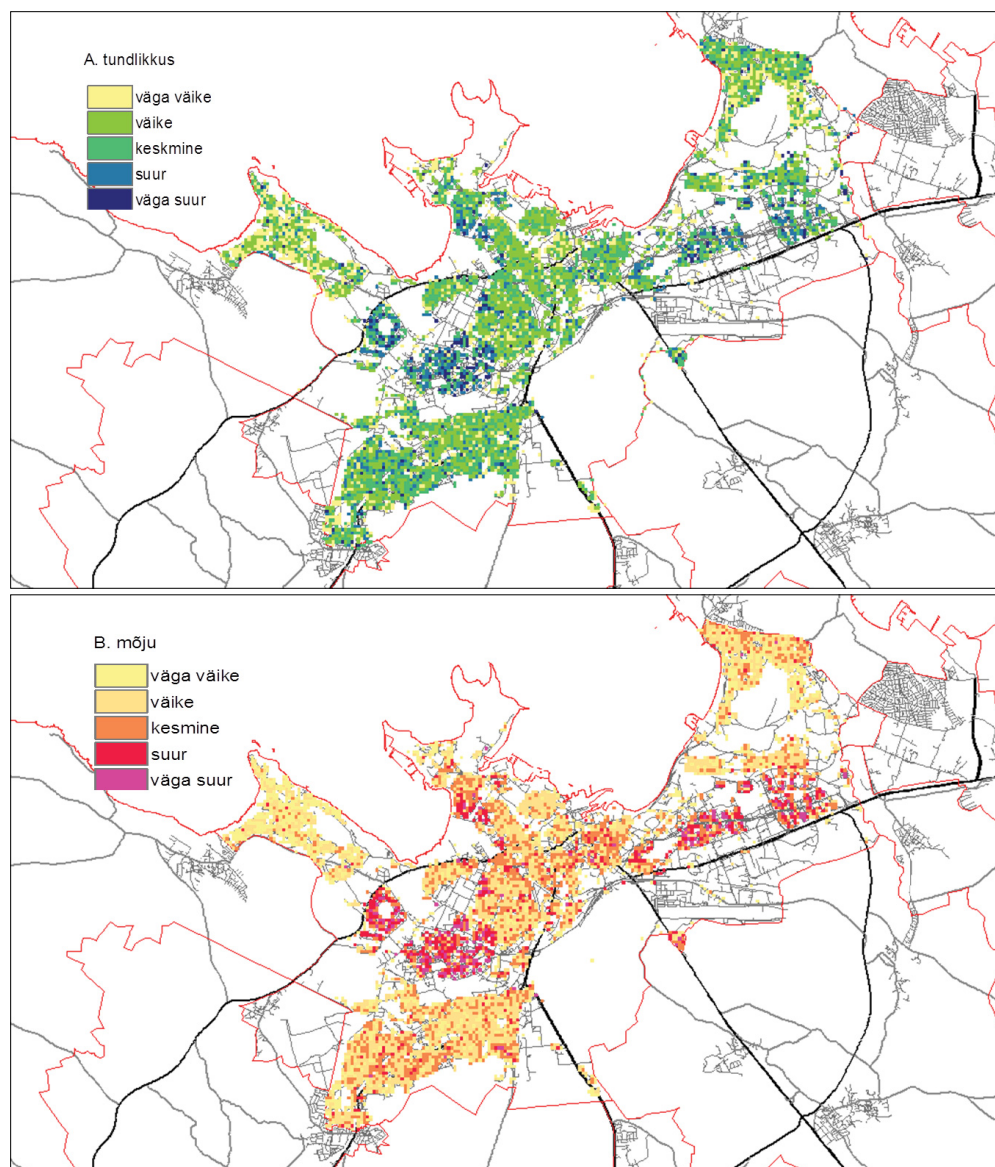
### Soojussaarte mõju

Kuumalained ja soojussaared avaldavad otsest mõju inimeste tervisele (Rekker, 2013). Viidatud analüüsid põhinevad eranditult ilmajaamadest saadud andmetele, otsides statistilisi ja harvem ka ruumilisi seoseid tervise ja õhutemperatuuri vahel. Peamisteks riskigruppideks, keda uuritakse, on alla 4-aastased lapsed ja üle 65-aastased vanemaealised.

Kuna andmeid soojussaare efekti esinemise kohta Eestis on üsna vähe, siis maa-pinnal asuvate objektide temperatuuri ja temperatuuri põhjustatud mõjusid tervisele ei ole veel uuritud. Täpsemaks ruumiliseks analüüsiks soojussaarte ja nende mõju kohta on vaja andmeid elanikkonna tervise kohta, seejuures peavad need olema varustatud detailsema asukohainfoga.

Soojussaare potentsiaalset mõju saab hinnata kaardistades riskigruppide tundlikkust. Antud juhul on vaadatud kõige noorema (0–4-aastased) ja vanema (65-aastased ja vanemad) elanikkonna paiknemist linnades ja nende osakaalu ülejäänud vanusrühmade

suhtes (joonis 4A). Ühendades riskirühma kuuluvate elanike paiknemise kihi satelliitpildilt saadud soojussaarte infoga, saadakse mõjukaart riskigrupi elanike kohta, kui palju inimesi võivad soojussaare poolt potentsiaalselt mõjutatud olla. Ruumilised andmed Tallinna rahvastiku vanuselise jaotuse kohta  $100 \times 100$ -meetrise ruudustikuna on saadud statistikaametist.



**Joonis 4.** (A) Tundlikkus soojussaare efekti suhtes (riskigrupid kokku) ja (B) mõju Tallinnas 25. juulil 2014.

25. juuli kuumalaine mõju Tallinna korruselamute piirkondades, Lasnamäel, Õismäel, Mustamäel ja Pelgurannas oli valdavalt suur kuni väga suur (joonis 4). See tähendab, et mainitud piirkondades elab palju riskirühmadesse kuuluvaid inimesi, nende osakaal elanikkonnast on suur (joonis 4A), aga ka kuumalainest tekitatud soojussaare efekt on nendel aladel tugev. Suurte asfalt- ja betoonpindadega hoonestusalad võimendavad paiga temperatuuri tõusu koguni 20 kraadi võrra võrreldes ilmajaamas mõõdetud õhutemperatuuriga.

Üks käesoleva analüüsi puudusi on see, et mõju elanikele vaadeldi üksnes seostatuna nende elukohaga – ostukestuste, tööstuse ja transpordi poolt hõivatud suured alad oma erakorraliste temperatuuridega jäid analüüsist välja. Vaatamata sellele, et valitud riskigruppide esindajad on linnaruumis vähem liikuvad, ei tähenda see, et soojussaarte mõju leevendavad linnaplaneerimise meetmed peavad piirduma vaid elamualadega. Inimesed satuvad töö ja argitoimetuste tõttu pidevalt elamualadelt väljapoole. Samas on näiteks multifunktsionaalne Tallinna kesklinn elurajoonide järel järgmine riskipiirkond, kus kuumalainest tingitud soojussaare efekt avaldab suurt mõju (joonis 4B).

## **Haavatav Tallinn**

Reeglina hinnatakse piirkonna haavatavust liites kliima mõju kohalikule kohanemisevõimekusele. Kohanemisevõimekus on aga inimeste teadlikkuse, hariduse ja elatustaseme summaarne näitaja ning seda hinnatakse erinevate statistiliste näitajate ja indeksite abil nagu näiteks SKT elaniku kohta või Gini koefitsient. Need statistilised näitajad on Eestis kättesaadavad omavalitsuse ja maakonna tasandil. Harva leidub selliseid sotsiaal-majanduslikke näitajaid detailsemal ruumilisel tasemel, näiteks linnaosa või asumi lõikes. Küll aga saab kohanemisevõimekust ja seeläbi haavatavust võrrelda linnade vahel (tabel 1). Linnaaladel, kus soojussaare mõju on näiteks keskmine, kasvab haavatavus kohanemisevõimekuse langusega. Seega võib suurema kohanemisevõimekusega linnas (linnaosas) haavatavus olla väiksem või sarnane sellele, mis on väiksema mõju ja väiksema kohanemisevõimekusega asulas või linnas. Teiste sõnadega, mida vaesem ja vähem haritud on piirkonna elanikkond, seda vähem ollakse ka kohanemisevõimeline, kuna inimestel ei pruugi muutustele reageerimiseks olla piisavalt rahalisi vahendeid ja teadmisi, mistõttu on kogu piirkond haavatavam. Arvestades arenguid Tallinnas, on jätkuv sotsiaal-majanduslik segregatsioon (Marcinčzak *et al.*, 2015). Selle tulemusel on suhteliselt vaesem elanikkond koondunud korruselamute piirkondadesse, kus esineb ühtlasi tugevalt soojussaare efekt. Tänapäevaste trendide jätkudes muutuvad mõned Tallinna linnaosad kliimamuutustele järjest haavatavamaks. Kliimamuutuste aspektist vaadatuna tähendab segregatsiooniprotsess ühtlasi seda, et Tallinna linnaosad muutuvad ka kliimamuutustega kohanemise ja haavatavuse aspektist üha kontrastsemaks. Nimelt on jõukamad ja haritumad tallinlased juba praegu koondumas linnaosadesse, näiteks Nõmmele ja Kalamajja, kus kuumalainete mõju ja soojussaare efekt on väiksem (joonis 2).

**Tabel 1.** Soojussaarte mõju-, kohanemisvõimekuse ja haavatavuse indeksid Tallinnas, Tartus ja Pärnus.

Linn	Mõju	Kohanemisvõimekus (summaarne 0–4 ja 65+ riskigrupid)*	Haavatavus
Tallinn	0,5 – keskmine	0,479 – suur	0,2395
Tartu	0,5 – keskmine	0,627 – keskmine	0,3135
Pärnu	0,5 – keskmine	0,684 – väike	0,3420
Tallinn	0,7 – suur	0,479 – suur	0,3353
Tartu	0,5 – keskmine	0,627 – keskmine	0,3135
Pärnu	0,3 – väike	0,684 – väike	0,2052

\* Mida suurem on indeksi väärtus, seda väiksem on kohanemisvõimekus ja suurem haavatavus. Arvutused Tanel Tamm, KATI projekt (2015).

## Kuumalainete sagenemine tulevikukliimas

Mida saab kuumalainete kohta öelda tulevikukliima prognooside alusel? Kindlasti võiks see olla eraldi teadustöö ning vajaks eraldi modelleerimist. Järgnevas käsitluses on piiratud lihtsa statistilise tehtega – 1971–2000 normkliima andmetele on liidetud modelleeritud temperatuuritõus (Luhamaa jt, 2015) ning kuumapäevad summeeritud (tabel 2). Oletatakse, et kuumapäevad sagenevad Eestis 21. sajandi keskpaigaks rohkem kui kaks korda. Sajandi lõpus võib aastas olla päevi, kus temperatuur ööpäevas tõuseb üle +27 °C, kuni üks kuu ja arvestades standardhälvet, võib mõnel aastal esineda kuumapäevi summaarselt ka üle kahe kuu.

**Tabel 2.** Keskmine üle +27 °C päevade arv aastas.

Piirkond, ilmajaam	Normkliima 1971–2000	RCP4.5 2041–2070	RCP8.5 2041–2070	RCP4.5 2071–2100	RCP8.5 2071–2100
Tallinn/Harku	4,8	11,0	13,8	14,1	22,7
Türi	8,7	17,7	20,6	20,6	32,4

Kui hinnata omavalitsuste, sh Tallinna haavatavust tulevikus, siis lisaks kliima soojenemisele tuleb arvestada linnastumist, sotsiaalseid protsesse ja rahvastiku vananemist. Tuleb rõhutada, et nende protsesside kiirus ja mõjukus oluliselt ületab kliimamuutuste omi. Tuleb ka arvestada, et linnastumine ja rahvastiku vananemine oluliselt suurendavad tulevikus kuumalainete ja soojussaarte negatiivset mõju. Statistikaamet on koostanud rahvastikuprognoosi aastani 2040 (Statistikaamet, 2014), mille järgi elanike arv Tallinnas ja Tartus kasvab, kuid teistes Eesti linnades järjekindlalt väheneb.



Püsielanike rahvastikustruktuuri analüüsist selgub vanemaealiste arvu kasv kõikides linnades, Tallinnas näiteks 34 000 võrra, st 17%-lt 2014. aastal 25%-ni 2040. aastal. Seega suureneb linnade tundlikkus erakordse kuuma ilma suhtes, vaatamata sellele, kas linn kasvab või mitte, ja seda juba lähema 25 aasta jooksul. Seni võime hinnata kuumalainete ja soojussaarte efekti mõju Tallinnas suhteliselt väikeseks, sest kuumalained esinevad harva ja tugevate soojassaarte mõjuala piirdub vaid mõnede linnakvartalitega. Ent juba 2030. aastaks kasvab Eesti linnade, sh Tallinna tundlikkus oluliselt ja seda peamiselt rahvastiku vananemise tõttu.

## **Kokkuvõte**

Esitatud analüüs näitab selgelt, et kuigi Tallinn ei kuulu miljonilinnade sekka ning on võrdlemisi roheline linn, on ka siin küllaltki suureks probleemiks linna soojussaare efekt. Satelliitpiltide analüüs näitas, et tegelikult on linna soojussaared palju laialdasemad kui seni oletatud. Kuumalainete ajal puudutab see probleem praktiliselt kõiki Eesti tiheasustusalasid. Probleem on teravnemas iseäranis Tallinnat ümbritsevates omavalitsustes, kus eeslinnastumisprotsessides ja tehiskeskonna rajamisel hakkab samuti soojussaare efekt avalduma.

Satelliitfotode järgi on praktiliselt kogu Tallinnas temperatuur kuumapäevadel oluliselt kõrgem kui linnast väljas asuvas meteoroloogiajaamas 2 m kõrgusel mõõdetud õhutemperatuur. Ühelt poolt väljendab see satelliitfotodelt pärit andmestiku mittevastavust, saades sealt pinna- mitte õhutemperatuuri. Samas, kui asfaltplatsi temperatuuriks on 45 °C, siis pole selle kohal olev õhukiht ka oluliselt madalama temperatuuriga. Põhimõtteliselt loeb satelliitfotodelt soojussaarte täpse paiknemise, peamiselt Tallinna “mägedes”, aga teisalt rohelisemad Nõmme, Pirita ja Kalamaja, kus kõrghaljastus ning parkmets hoiab tagasi soojussaare teket ja mõju ulatust.

Soojussaartest tugevalt mõjustatud linnaosad on ka suurema asustustihedusega ning seal elab rohkem ka riskirühma kuuluvaid inimesi – väikelapsi ja vanemaealisi. Madalamate kinnisvarahindade tõttu koondub korrusmajarajoonidesse ka mõneti vaesem elanikkond, kelle võimekus kliimamuutustega kohaneda on väiksem. Kõik see muudab Tallinna korruselamutega asumid kliimamuutuste seisukohalt haavatavaks. Tänapäevaste sotsiaalsete protsesside kohaselt võib eeldada haavatavuse suurenemist nendes asumites.

Teisalt, Tallinnas, paiknedes mere ääres, esinevad kuumalained harvemini kui sise-maa linnades. Sellegipoolest hakkavad juba lähikümnenditel ka Tallinnas esinema sagedamini üle +27 °C kuni +30 °C temperatuuriga päevad. Ehkki kliimamuutuse kiirus jääb väga tõenäoliselt alla käimasolevatele sotsiaalsetele ja majanduslikele protsessidele, ei saa kuumalaineid eirata. Soojussaarte mõju saab vähendada ettenägeliku planeerimistegevusega. Ka täna kehtivad seadused võimaldavad kliimamuutustega juba arvestada. Paraku pole kliimamuutusi seni vääriliselt teadvustatud ning vaid vähesed leevendus- ja kohanemismeetmed on planeerimispraktikasse jõudnud.

## **Kasutatud kirjandus**

- Åström, C., Orru, H., Rocklöv, J., Strandberg, G., Ebi, K. L. & Forsberg, B. (2013). Heat-related respiratory hospital admissions in Europe in a changing climate: a health impact assessment. *BMJ Open* 2013;3:e001842 doi:10.1136/bmjopen-2012-001842.
- Daanen, H. A. M., Heusinkveld, B., Hove, B. & Riet, N. (2011). Heat strain in elderly during heat waves in the Netherlands. In: Koskolou M, Kounalakis S, editors. Abstract Book XIV International Conference on Environmental Ergonomics, Vol. 2011, 168–170.
- Dousset, B., Gourmelon, F., Laaidi, K., Zeghnoun, A., Giraudet, E., Bretin, P. et al. (2011). Satellite monitoring of summer heat waves in the Paris metropolitan area. *International Journal of Climatology*, 31, 313–323.
- EEA, European Environment Agency (2012). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. EEA Report No 12/2012. European Environment Agency: Copenhagen.
- EEA, European Environment Agency (2008). Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment. EEA Report 4/2008. Copenhagen.
- Grimmond, S. (2007). Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. *Geographical Journal*, 173, 83–88.
- Gromke, C. B., Blocken, B., Janssen, W. D., Merema, B., van Hooff, T. & Timmermans, H. J. P. (2015). CFD analysis of transpirational cooling by vegetation: case study for specific meteorological conditions during a heat wave in Arnhem, Netherlands. *Building and Environment*, 83, 11–26.
- Heusinkveld, B. G., Steeneveld, G. J., van Hove, L. W. A., Jacobs, C. M. J. & Holtslag, A. A. M. (2014). Spatial variability of the Rotterdam urban heat island as influenced by urban land use. *Journal of Geophysical Research*, 119(2), 677–692.
- Hübner, M., Klepper, G. & Peterson, S. (2008). Costs of Climate Change – The Effects of Rising Temperatures on Health and Productivity in Germany, *Ecological Economics* 68, 381–393.
- IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- Karing, P. (2013). The regionalisation of microclimate data. *Baltic Horizons*, 19, 57–67.
- Klimat Pjarnu (1986). Leningrad, Gidrimeteoizdat [vene keeles].
- Klimat Tallina (1982). Leningrad, Gidrimeteoizdat [vene keeles].
- Klok, E. J., Duyzer, J., Schaminee, S. & Mauri, E. (2012). Urban heat islands in the Netherlands retrieved from satellite images. TNO report TNO-060-UT-2012e01117.
- Kovats, R. S. & Hajat, S. (2008). Heat stress and public health: a critical review. *Annu Rev Public Health* 2008;29:41–55.
- Kredex (2014). Korterelamud investeerisid rekonstrueerimistoetuse abil 2013. aastal 30,3 mln eurot. <http://kredex.ee/kredexist/uudised/kredexi-kaasabil-paranes-eelmisel-aastal-339-korterelamu-seisukord/>
- Luhamaa, A., Kallis, A., Mändla, K., Männik, A., Pedusaar, T. & Rosin, K. (2015). Eesti tuleviku kliima stsenaariumid aastani 2100. Lepingulise töö aruanne projekti “Eesti riikliku kliimamuutuste mõjuga kohanemise strateegia ja rakenduskava ettepaneku väljatöötamine” lisana. Keskkonnaagentuur.
- Marcińczak, S., Tammaru, T., Novák, J., Gentile, M., Kovács, Z., Temelová, J., Valatka, V., Káhrlik, A. & Szabó, B. (2015). Patterns of socioeconomic segregation in the capital cities

- of fast-track reforming postsocialist countries. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(1), 183–202.
- Oke, T. R. (2006). IOM Report No. 81, WMO/4TD No. 1250. 06.05.14. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites, vol. 2006; <http://www.urban-climate.org/documents/IOM-81-UrbanMetObs.pdf>
- Rekker, K. (2013). 2010. aasta erakordselt kuum suvi Eestis ja selle mõju rahvastiku suremusele. Magistritöö rahvatervishoius. TÜ Tervishoiu instituut. Tartu 2013.
- Riigi Ilmateenistus (2015). Vaatlusandmed. <http://www.ilmateenistus.ee/ilm/ilmavaatlused/vaatlusandmed>
- Rizwan, A. M., Dennis, Y. C. L. & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of the urban heat island. *Journal of Environmental Sciences*, 20, 120–128.
- Seppanen, O., Fisk, W. J. & Faulkner, D. (2004). Control of temperature for health and productivity in offices. Report NBNL-55448.
- Statistikaamet (2011). Statistika andmebaas: Rahva ja eluruumide loendus. <http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Rahvaloendus/databasetree.asp>
- Statistikaamet (2014). Statistikaamet koostas uue rahvastikuproгноosi aastani 2040. <https://www.stat.ee/76319>
- Steenefeld, G. J., Koopmans, S., Heusinkveld, B. G., van Hove, L. W. A. & Holtslag, A. A. M. (2011). Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands.
- Tammets, T. (2012). Eesti ilma riskid. Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. 2., täiendatud ja parandatud trükk. Tallinn, 152 lk.
- Tarand, A. & Chelchowski, V. (1974). Palavad (troopilised) ööd Eestis. Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat 1971/72. Eesti NSV Teaduste Akadeemia, Tallinn, 35–41 [vene keeles].
- Tarand, A. (1974). Tallinna briisid. Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat 1971/72. Eesti NSV Teaduste Akadeemia, Tallinn, 54–62.
- Tarand, A. (1986). Õhutemperatuuri ja sademete territoriaalne jaotus Tallinnas. Preprint, Tallinna Botaanikaaed-3. Tallinn.
- Terviseamet (2011). Erakordselt kuum ilma hädaolukorra riskianalüüs. Tallinn. [http://rahvatervis.ut.ee/bitstream/1/4749/1/Terviseamet2011\\_1.pdf](http://rahvatervis.ut.ee/bitstream/1/4749/1/Terviseamet2011_1.pdf)
- van Hooff, T. & Blocken, B. (2010). Coupled urban wind flow and indoor natural ventilation modelling on a high-resolution grid: a case study for the Amsterdam ArenA stadium. *Environ Model Softw* 2010;25(1):51–65.
- van Hove, L. W. A., Jacobs, C. M. J., Heusinkveld, B. G., Elbers, J. A., van Driel, B. L. & Holtslag A. A. M. (2015). Temporal and spatial variability of urban heat island and thermal comfort within the Rotterdam agglomeration. *Building and Environment*, 83, 91–103.

## **Paduvihmadest põhjustatud üleujutuste modelleerimine – Pärnu näide**

Tanel Tamm

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### **Sissejuhatus**

Üleujutus tähendab üldistatult olukorda, mille käigus toimub veega katmata maa-ala ajutine kattumine veega. Üleujutuse teke sõltub erinevatest meteoroloogilistest ja hüdrooloogilistest teguritest. Näiteks põhjustavad üleujutusi nii mereveetaseme tõus, jõgede ja järvede üle kallaste tõusmine kui ka erakordselt suured sademed. Sellest tulenevalt võib eristada erinevaid üleujutuse liike nagu rannikumere üleujutused, siseveekogudega seotud üleujutused ja paduvihmadest põhjustatud üleujutused. Lisaks looduslikele teguritele võib üleujutuse teket või selle ulatuse laienemist soodustada ja suurendada inimtegevus, eelkõige läbimõttlemata planeeritud (tehis)keskkonnad. Paduvihmade korral võib sademeveekanaliseerimine selles tekkiva rõhu tõttu hakata tööle vastasuunaliselt ning lisada täiendavaid vooluhulki maapinnal toimuvale äravoolule, mis omakorda võimendab teatud piirkondades üleujutuse ulatust (Maksimovic *et al.*, 2009).

Üleujutusohuga seotud riskiks on üleujutuse esinemise tõenäosus koos üleujutusest põhjustatud võimalike kahjulike tagajärgedega inimese tervisele, varale, keskkonnale, kultuuripärandile ja majandustegevusele. Arvatakse, et kliima soojenemisega kaasnev jääliustike sulamine, mereveetaseme tõus, tsüklonaalsus, aga ka muutused sademete hulgas ja aastasiseses jaotuses avaldavad eelduste kohaselt suurt mõju üleujutuste ulatusele ja esinemissagedustele ka Eestis. Tõenäoliselt sagenevad ja muutuvad intensiivsemaks rannikualade ja siseveekogude üleujutused ning paduvihmadest põhjustatud lokaalsed üleujutused. Selleks, et vähendada üleujutusest tingitud negatiivseid mõjusid, on tarvis mõista üleujutust kujundavaid tegureid.

### **Paduvihmadest tingitud üleujutuste võimalikud mõjud**

Üleujutuste suhtes on eriti tundlikud tiheasustusalad, kus tormiajud, lume ja jää sulamine või suured vihmad võivad põhjustada ulatuslikke uputusi, mille käigus ohustatakse inimeste tervist ja elu, kahjustatakse hooneid, eluruume ja taristut ning ohustatakse reoveepuhastite tööd, mis ei suuda liigveest tingitud suuri veekoguseid lühikese aja jooksul puhastada. Linnades suurendavad paduvihmadest tingitud üleujutuste riski peamiselt järgmised tegurid:

1) vesi ei saa imbuda pinnasesse, sest (ehitatud) ala on valdavalt mittepoorne;

2) sademete äravoolusüsteemide vastuvõtuvõime on piiratud.

Suured sajud pikema või lühema perioodi vältel on väga oluline kliimamuutustega kaasnev riskitegur linnakeskkonnas. Olukorras, kus linnade suur tehispindade (hooned, teed, parklad) osakaal ei lase sademeveel loomulikul teel maapinda imbuda ning kus liigvesi „ei mahu“ kanalisatsiooni- ja drenaažisüsteemidesse, võib tugev paduvihm põhjustada suuri probleeme. Mida suuremaks kasvab tehispinna osakaal, seda probleemsem on hoogsadude vihmavee ärajuhtimine. Eelpool kirjeldatud üleujutusriskide majanduslike mõjude hindamiseks on metoodilise raamistiku välja pakkunud Zhou *et al.*, 2012.

Erakordselt suured sademed võivad tõsta ka jõgede ja järvede ning põhjavee veetaset, mille tõttu tekkinud üleujutustel võivad linnades olla märksa suuremad tagajärjed. Selliste vihmade võimaliku mõju olulise leevendamise aluseks on vihmaveest tingitud üleujutusriskiga arvestav linnaplaneerimine ning vajadusel ka korrektselt rajatud sademeveesüsteem. Sellisel juhul võib eeldada, et üleujutused on väiksemad ja lühiajalised.

Perioodil 1891–1950 ja 1961–2006 on Eestis sademete hulk suurenenud ja ekstreemsete paduvihmade esinemine saagenud üle kahe korra (Tammets, 2008). Tugevaks paduvihmaks või eriti ohtlikuks sademete hulgaks loetakse sademeid 30 mm või rohkem ühe tunni või lühema aja jooksul ning 50 mm või rohkem 12 tunni või lühema aja vältel (Tarand jt, 2013). Viimaste kümnendite üks suuremaid sadusid leidis aset 2003. aasta 5.–6. augustil Ida-Virumaal, kus 14 tunni jooksul sadas alla 131 mm sademeid. Saju tagajärjel tekkis suur üleujutus peamiselt Jõhvi kõrgustiku ja panga serva vahele jääval madalsooalal, mis oli Sakalt Toilani vee all. Osaliselt jäi vee alla ka Kohtla-Järve, Jõhvi ja Kiviõli linn. Kulud ja otsesed kahjud, mis riigil hüvitada tuli, küündisid 838 508 kroonini. Suurimaid kulutusi ja kahjusid kandsid Jõhvi ja Kohtla-Järve linnavalitsus (vastavalt 331 270 ja 229 085 krooni). Kaudseid kahjusid tuli aga kanda ligikaudu 11,7 miljoni krooni eest (Sepp, 2006).

Paduvihmadest tingitud korduvad üleujutused näiteks Tallinnas (Tuukri tn), Tartus (Riia mnt) ja Võrus näitavad, et linnade planeeringutes on vaja üleujutusriske märksa põhjalikumalt käsitleda ning seda nii võimalike ohualade defineerimise kui leevendamismeetmete rakendamise osas. Tiheasustusaladel on selliste probleemide tekkimine enamasti kas vähese planeerimise või kohustuste täitmata jätmise tulemus. Viimane tähendab seda, et kuigi ala (ajutisest) liigniiskusest ollakse teadlik, jätab arendaja esialgu vähem silmatorkavad tööd kinnisvara soetaja hooleks. Seega mõnede üleujutuste põhjus ei ole mitte paratamatu loodusjõud, vaid pigem puudulik järelevalve või planeerimine, mistõttu igat sademeveesüsteemi puudulikkusest põhjustatud üleujutust tiheasustusalal ei saa liigitada oluliseks. Ala üleujutusohuga seotud riskipiirkondade sekka arvamiseks peab olema täidetud veel mõni kriteerium (Keskkonnaministeerium, 2011).

## Paduvihmadest tingitud üleujutuste modelleerimine

Paduvihmadest tingitud üleujutuste kohta Eestis on lähiminevikust teada mitmeid kahjudega lõppenud juhtumeid ning kliimamudelite prognooside kohaselt tulevikus paduvihmade üleujutusrisk suureneb (tabel 1). Sellest tulenevalt muutub üha olulisemaks sademevee ärajuhtimisega arvestamine planeerimisel ja projekteerimisel. Ühe võimalusena paduvihmade poolt põhjustatud riskialade määratlemiseks saab kasutada sademevee äravoolu mudeleid.

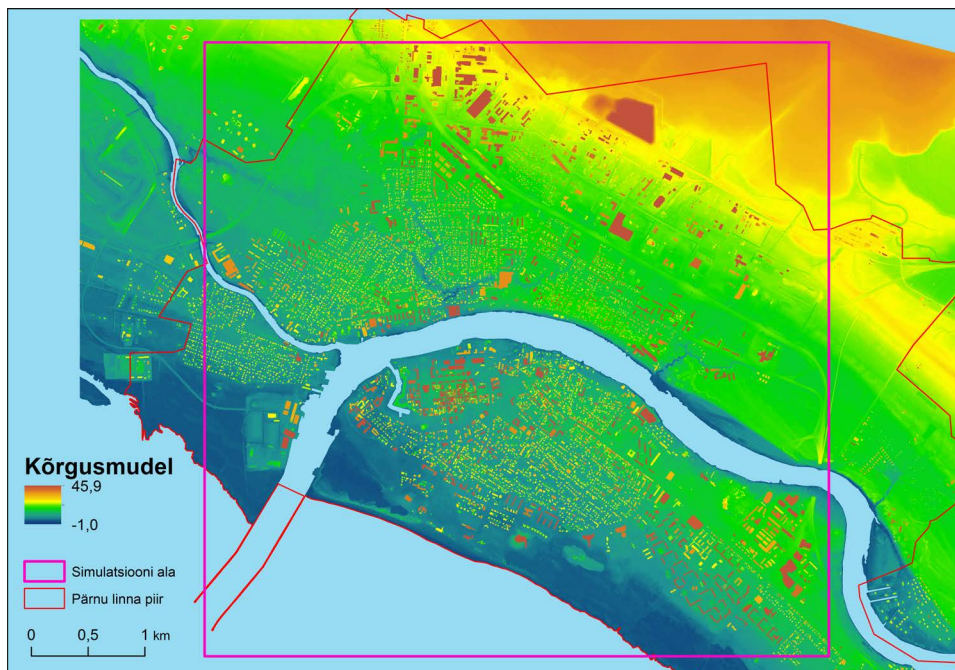
**Tabel 1.** Ööpäevas 30 mm ületavate sademete esinemissagedus kontrollperioodil ja prognoos (vastavalt Luhamaa jt (2015) muutuse protsentidele).

	Türi		RCP4.5		RCP8.5	
Periood	1971–2000	2041–2070	2071–2100	2041–2070	2071–2100	
Juuni, juuli, august	28	35	38	39	46	

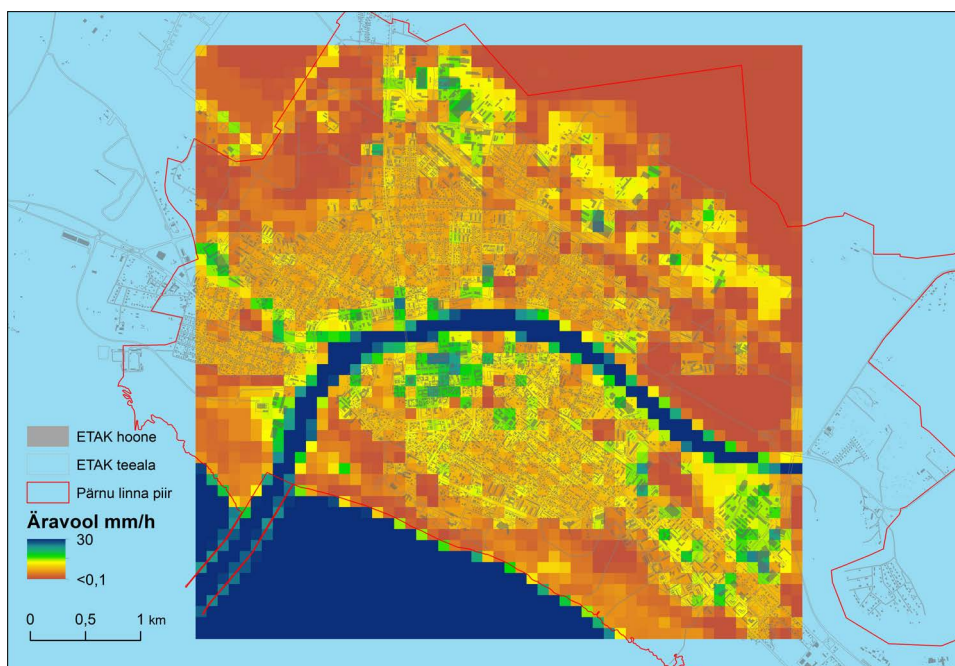
Paduvihmade üleujutust simuleeriti Pärnu linna näitel, et määratleda võimalikud riskialad. Simulatsiooni aluseks on Exeteri ülikooli CADDIES töörühma poolt välja töötatud 2D pinnavoolu/äravoolu rakk-automaat (*Cellular automata*) mudel (Ghimire *et al.*, 2013; Guidolin *et al.*, (in review)). Mudel arvutab lihtsustatud kujul vooluhulki naaberpikslitesse (von-Neumann naabrid 4 tk) piksel piksli kaupa. Mudelil on kolm eeldust: 1) kehtib üks globaalne voolukiirust aeglustav kareduskonstant, 2) infiltratsioon puudub, 3) sademevee kanalisatsioon puudub.

Paduvihma simulatsiooni lähteandmed olid järgnevad:

- 30 mm sademeid ühe tunni jooksul;
- Maa-ameti LIDAR mõõtmistel põhinev  $1 \times 1$  m lahutusega maapinna ja hoonete kõrgusmudel  $5,5 \times 5,4$  km alal (joonis 1);
- $100 \times 100$  m lahutusega äravoolu andmestik, mis põhineb SCS *runoff curve number* (CN) meetodil ning kasutab Eesti topograafia andmekogu (ETAK) 1:10 000 maakatte andmestikku Zhang & Pan (2014), USDA (1986) (joonis 2);
- simulatsiooni kestus kokku 5 h (esimese tunni jooksul sademeid 30 mm).



**Joonis 1.** LIDAR mõõdistustel põhinev maapinna kõrgusmudel ETAK hoonetega.



**Joonis 2.** Hinnanguline äravool ETAK maakattetüüpide alusel.

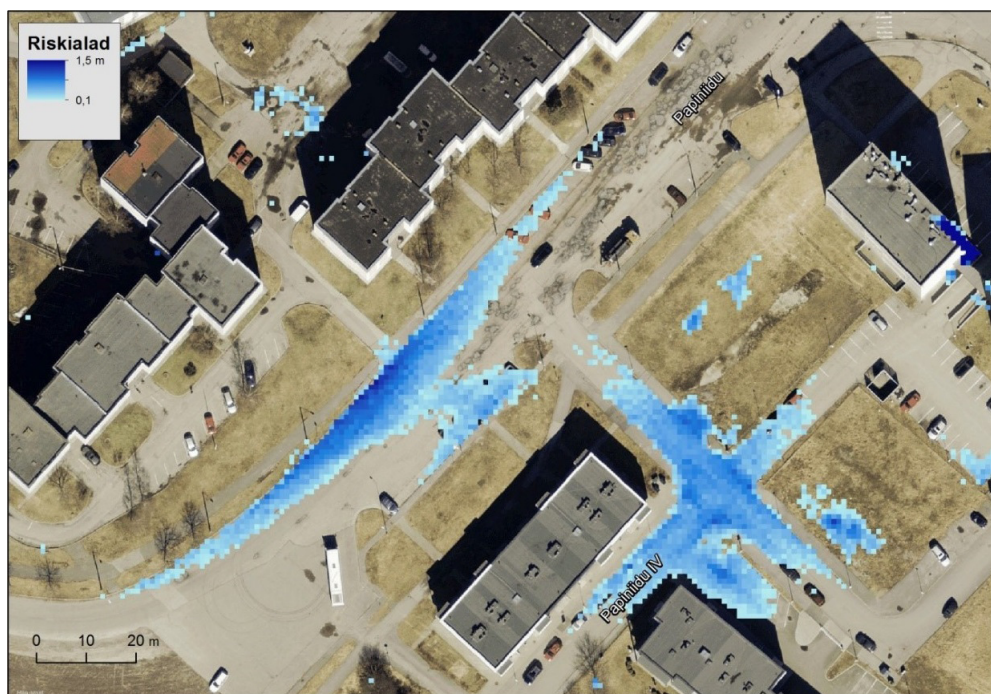


## Paduvihmade üleujutusrisk ja simulatsiooni tulemus

Paduvihma simulatsiooni tulemused olid järgmised:

- 5 min intervalliga veesügavuse ja voolukiiruse  $1 \times 1$  m lahutusega rasterkihid  $5,5 \times 5,4$  km alal;
- maksimaalsete veesügavuste ja veevoolukiiruste  $1 \times 1$  m lahutusega rasterkihid  $5,5 \times 5,4$  km alal;
- veesügavuse ja veevoolukiiruse andmed huvipunktides 1 min intervalliga.

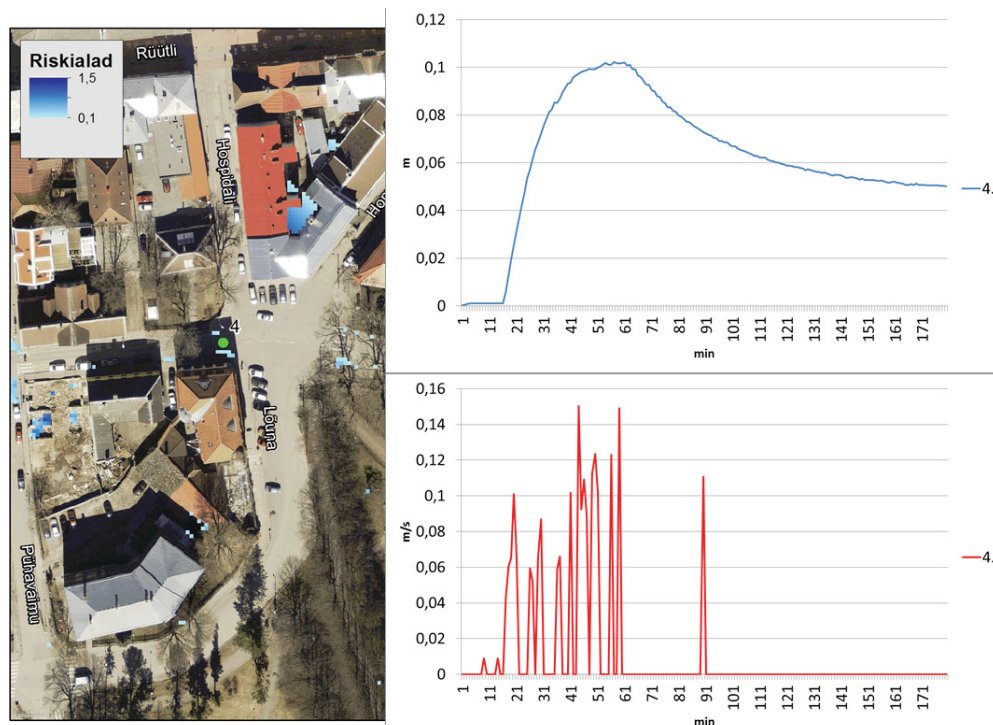
Joonisel 3 on näitena toodud vee kogunemisest tingitud üleujutuse riskiala Mai asumis.



**Joonis 3.** Üleujutuse riskiala Mai asumis.

Huvipakkuvates kohtades on simulatsiooni tulemusi võimalik väljastada ka võrdlemisi väikese ajalise intervalliga, näiteks iga minuti järel. Joonisel 4 on esitatud Kuninga ja Hospitali tänava ristmik, kus vihmajärgu lõpuks (1 h) on veesügavus tõusnud üle 10 cm ning hakkab seejärel kiiresti langema.





Joonis 4. Veevoolu dünaamika Kuninga ja Hospitali tänava ristmikul.

## Kokkuvõte

Kuna mudelis olid seatud sademevee voolu ja kogunemist mõjutavad ranged eeldused, on ka tulemused pigem meetoodiliseks lähtekohaks ning tähelepanu suunamiseks. Tulevastes uuringutes tuleb simulatsiooni tulemusi kontrollida tegelike paduvihma poolt tingitud üleujutuste mõõtmistega ning täiendada kõrgusmudelit truupide ja sillaaluste veevoolusängide andmetega. Samuti tuleks koguda andmeid sademevee kanalisatsiooni kohta ning täiendada mudelit ja simulatsioone sademeveevõrguga.

## Kasutatud kirjandus

- Ghimire, B., Chen, A. S., Guidolin, M., Keedwell, E. C., Djordjević, S. & Savić, D. A. (2013). Formulation of a fast 2D urban pluvial flood model using a cellular automata approach. *J. Hydroinformatics* 15, 676.
- Guidolin, M., Chen, A. S., Ghimire, B., Keedwell, E. C., Djordjević, S. & Savić, D. A. (in review). A weighted cellular automata 2D inundation model for rapid flood analysis.
- Keskonnaministeerium (2011). Üleujutusohuga seotud riskide esialgse hinnangu aruanne. <http://www.envir.ee/sites/default/files/yleujutusohuesialgne hinnang.pdf> (17.11.2012).

- Maksimovic, C., Prodanovic, D., Boonya-Aroonnet, S., Leitao, J. P., Djordjevic, S. & Allitt, R. 2009. Overland flow and pathway analysis for modelling of urban pluvial flooding. *Journal of Hydraulic Research*, 47, 4, 512–523.
- Sepp, M. (2006) Kui palju maksab paduvihm? *Eesti loodus* 8/2006. [http://www.eestiloodus.ee/artikkel1625\\_1609.html](http://www.eestiloodus.ee/artikkel1625_1609.html) (10.02.2015).
- Zhang, S. & Pan, B. (2014). An urban storm-inundation simulation method based on GIS. *Journal of Hydrology*, 517, 260–268.
- Zhou, Q., Mikkelsen, P. S., Halsnaes, K. and Arnbjerg-Nielsen, K. (2012). Framework for economic pluvial flood risk assessment considering climate change effects and adaptation benefits. *Journal of Hydrology*, 414, 539–549.
- Tammets, T. (2008). *Eesti ilma riskid*. Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn, 152 lk.
- Tarand, A., Jaagus, J. & Kallis, A. (2013). *Eesti kliima minevikus ja tänapäeval*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- USDA (United States Department of Agriculture) Soil Conservation Service (SCS) (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds Technical Release 55*.

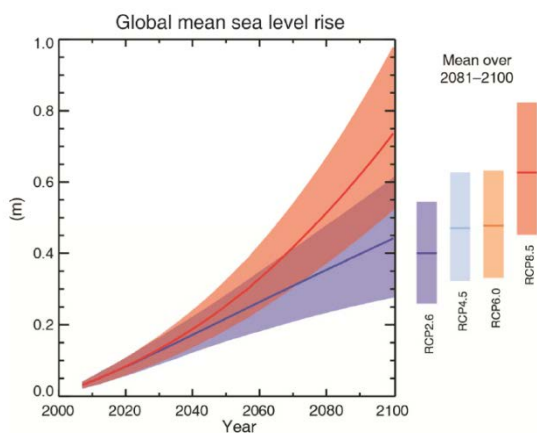
## Kliimamuutuste üleujutusriskid Eesti rannikualadel

Alar Rosentau, Enn Karro ja Merle Muru

Tartu Ülikooli geoloogia osakond

### Sissejuhatus

Tormide põhjustatud veetõusud ja sellest tingitud rannikualade üleujutused on globaalne probleem ning kliimamuutused, eelkõige meretaseme tõus ja tormide sagedenemine, süvendavad probleeme tulevikus. Mandriliustike sulamise ja ookeanide soojusliku paisumise tulemusena on maailmamere tase hakanud varasemast kiiremini tõusma ning prognoosid näitavad, et see tõus intensiivistub 21. sajandi jooksul veelgi. Viimaste aastate uurimistulemused näitavad selgesti, et nii Gröönimaa kui ka Antarktika teatud piirkondade liustikud sulavad intensiivselt ning on aastatel 1992–2011 panustanud maailmamere taseme tõusu keskmiselt  $0,59 \pm 0,2$  mm aastas (Shepherd *et al.*, 2012). Aastatel 1901–2010 on globaalne meretase tõusnud keskmiselt 0,19 m (IPCC, 2013a) ning uusimate uurimistulemuste järgi on meretaseme tõus viimase kahekümne aasta jooksul kiirenenud (Watson *et al.*, 2015). Globaalse meretaseme tõusuks on aastate 2081–2100 keskmisena IPCC (2013a) kliimastsenaariumi RCP4.5 alusel prognoositud 47 cm ja stsenaariumi RCP8.5 alusel 63 cm (joonis 1), mis suure tõenäosusega toob endaga kaasa üleujutusala laienemise paljudel rannikutel kogu maailmas. Suured üleujutused on sagedased näiteks Bangladeshis, kus miljonid inimesed elavad vaid paar meetrit üle meretaseme tõusu maksimumi ning kus (troopilised) tsüklonid on toonud kaasa väga kõrgeid (5–6 m üle tõusu maksimumi) veetasemeid ja põhjustanud sadade tuhandete inimeste hukkumist (Soomere, 2005).



**Joonis 1.** Globaalse meretaseme tõusu prognoosid erinevate kliimastsenaariumite alusel aastateks 2081–2100 võrrelduna kontrollperioodiga 1986–2005 (IPCC, 2013a).

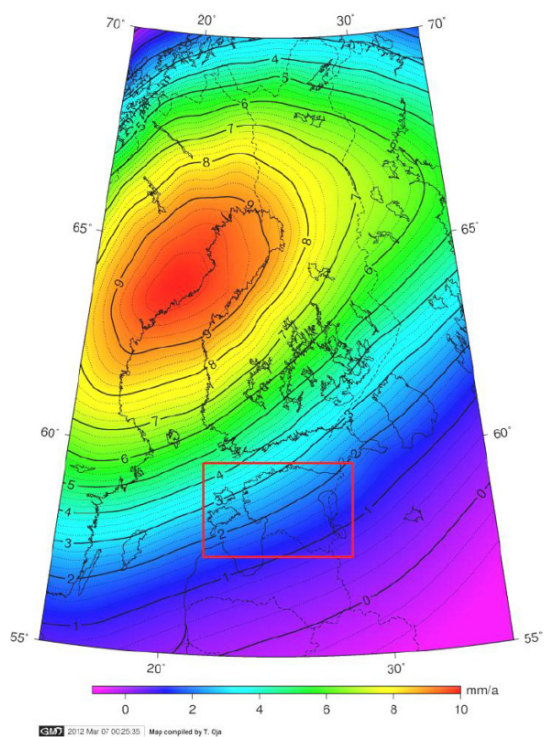
Käesolev artikkel on koostatud projekti „Kliimamuutuste mõjude hindamine ja kohanemismeetmete väljatöötamine planeeringute, maakasutuse, inimeste ja päästevõimekuse teemas“ (KATI) raames ning käsitleb kliimamuutuste mõjusid üleujutusriskide osas Eesti rannikualadel.

## **Meretaseme muutused ja pärastjääaegne maakerge**

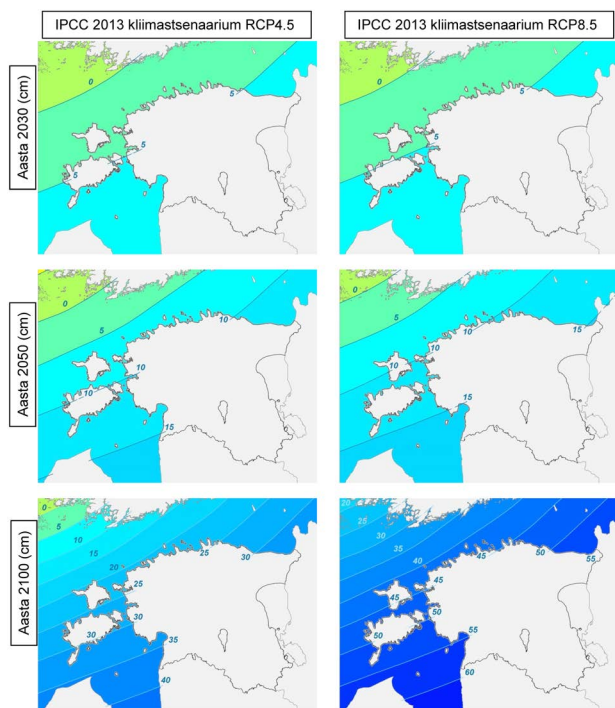
Eesti alal on meretaseme tõusu senini suuresti kompenseerinud isostaatiline maatõus, mille intensiivsus on suurim Loode-Eestis, ulatudes kuni 3,5 mm/a (joonis 2). Meretaseme mõõtmisi Eesti rannikualal (*ca* 12 seirejaamas) teostab keskkonnaagentuuri koosseisus töötav riigi ilmateenistus (Ilmateenistus, 2015). Tallinna veemõõdujaamas alustati mõõtmistega 1842., Narva-Jõesuus 1899., Pärnus 1923. ja Ristnas 1950. aastal. Meretaseme muutuste ja pärastjääaegse maatõusu koosmõju on analüüsitud merevaatlusjaamade (Suursaar *et al.*, 2006a) ja geoloogiliste andmete alusel (Rosentau *et al.*, 2012). Maatõusu regionaalset dünaamikat analüüsitakse Põhjamaade Geodeesiakomisjoni (NKG) geodünaamika töögrupis (Oja & Märdla, 2014). Eesti alal on pärastjääaegset maatõusu hinnatud kordusnivelleerimise (Kall *et al.*, 2014) ning GPS-püsijaamade mõõtmistulemusi kasutades (Oja & Märdla, 2014).

Geoloogilised andmed näitavad, et viimase ligi 7500 aasta vältel on maakerke kiirused Eesti alal ületanud meretaseme tõusu kiirust, mistõttu paiknevad vanad rannamoodustised tänapäeval sisemaal. Pärnu ning Narva-Jõesuu piirkonnas asuvad u 7500 aastat vanad rannamoodustised ligi 10 m kõrgemal tänapäevasest meretasemest ning nooremad järk-järgult madalamatel absoluutkõrgustel. Merevaatlusjaamade andmete analüüs aastate 1950 kuni 2011 kohta näitab, et aeglasema maakerkega piirkondades, sealhulgas Pärnus ning Narva-Jõesuus on maailmamere taseme tõus juba ületamas maatõusu kiiruseid (Jaagus & Suursaar, 2013).

Arvestades maatõusu kiirustega Eesti rannikul ning rahvusvahelise kliimapaneeeli (IPCC) hinnangutega maailmamere taseme tõusu kohta, on võimalik ligikaudselt prognoosida seda, kui kõrgele võib tõusta meretase Eesti rannikul selle sajandi lõpuks. Keskmise meretaseme modelleerimisel lähtuti IPCC kliimamuutuste stsenaariumitest RCP8.5 ja RCP4.5 (joonis 1) ning arvestati maatõusu kiirustega (joonis 2). Meretaseme muutus arvutati 2000. aasta keskmise meretaseme suhtes. Arvestades maailmamere taseme tõusu prognoose, mõõdukat RCP4.5 ja pessimistlikku RCP8.5, asendub pikaajaline suhteline meretaseme languse trend lähikümnendel tõusutrendiga, mis omakorda avaldab mõju kuhje- ja kulutusprotsessidele Eesti rannikul. Isostaatilise maakerke ja maailmamere taseme tõusu koosmõju tulemusena võib meretase Pärnu ning Narva-Jõesuu piirkonnas tänapäevasega võrreldes aastaks 2100 mõõduka tulevikukliima stsenaariumi, RCP4.5 kohaselt tõusta *ca* 35 cm, äärmusliku, RCP8.5 puhul aga juba *ca* 55 cm (joonis 3). Merevee taseme tõus Eesti rannikul jääb RCP4.5 stsenaariumis hinnanguliselt vahemikku 20–40 cm, RCP8.5 korral aga 40–60 cm.



**Joonis 2.** Absoluutse maa-  
tõusu kiirused Fennoskandias  
ja Eesti alal, mm/a (Ågren &  
Svensson (2007) alusel).



**Joonis 3.** Prognoositav mere-  
vee taseme tõus (cm) Eesti  
aladel 21. sajandil erinevate  
kliimastenaariumite põhjal  
võrreldes keskmise meretase-  
mega aastal 2000.

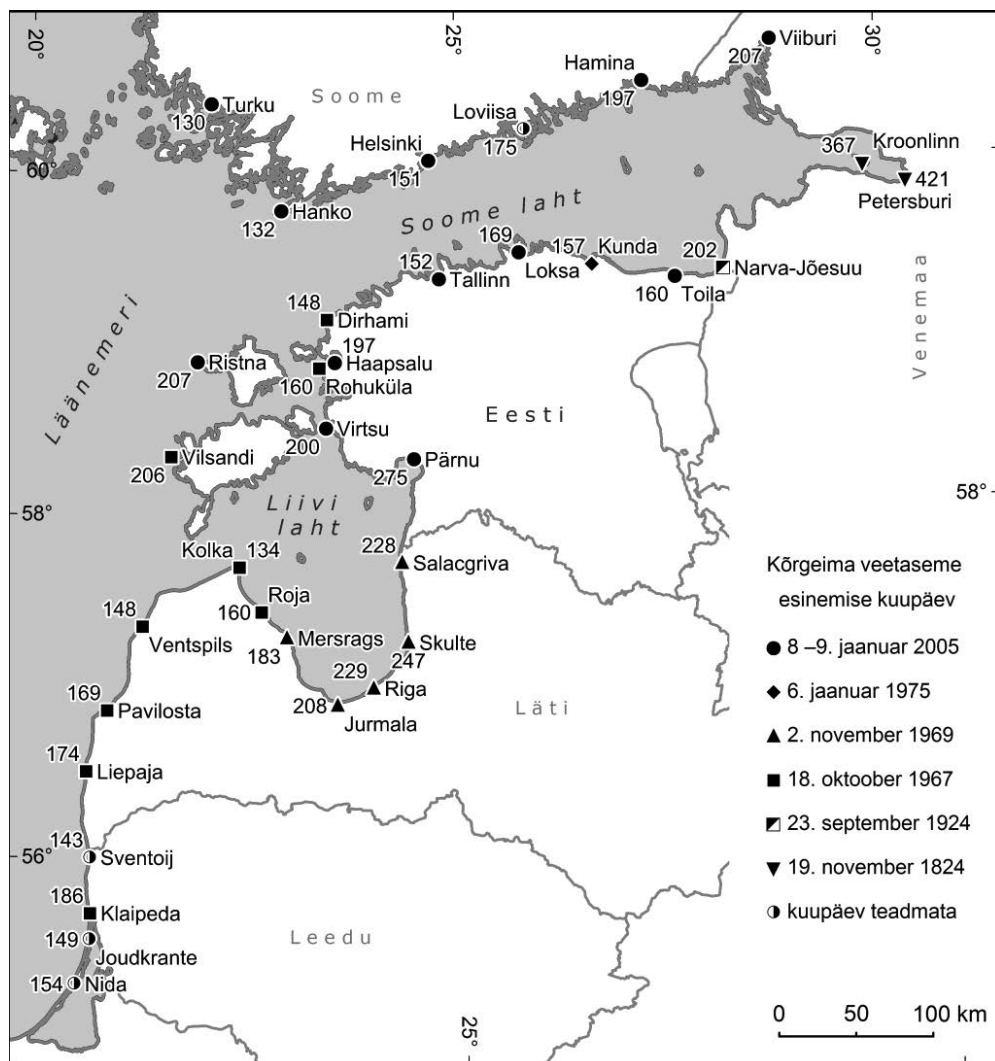
## Tormide poolt põhjustatud üleujutused rannikualadel

Eesti rannikualadel (tabel 1), nagu ka mujal Läänemere idaosas (joonis 4), on oluliseks probleemiks tugevatest edela- ja läänetormidest põhjustatud veetõusud ehk tormiajud, mis on järsud, lühiajalised (1–2 ööpäeva) ja lokaalsed. Väga kõrge veetaseme tekkimiseks on tuule tugevuse kõrval oluline ka tsükloni trajektoori, s.o tsükloni kese peab mööduma Eestist paarsada kilomeetrit põhja poolt. Otse üle Eesti või Eestist lõuna poolt mööduvad tsüklonid veetasel märkimisväärselt ei kergita. Seega peab kokku langema mitu ebasoodsat tingimust, mille tõenäosus tsüklonite sageduse suurenedes kasvab (Sepp *et al.*, 2005; Keskkonnaministeerium, 2013; BACC Author Team, 2015).

**Tabel 1.** Maksimaalsed ja teised kõrged meretasemed mõõdetuna Eesti merevaatlusjaamades (Suursaar *et al.*, 2006b) ning refereerituna vanadest ajaleheartiklitest (Tarand jt, 2013; Averkiev & Klevanny, 2010).

Vaatlusjaam	Mõõdetud veetase (cm), kuupäev		XIX sajandi kõrged veetasemed ajaleheartiklite põhjal
	Maksimaalne	Kõrguselt teine	
Narva-Jõesuu	202 (23.09.1924)	194 (09.01.2005)	
Kunda	157 (06.01.1975)	139 (09.01.2005)	
Tallinn	152 (09.01.2005)	135 (15.11.2001)	04.12.1873, Revalische Zeitung
Dirhami	148 (18.10.1967)	134 (09.01.2005)	
Ristna	207 (09.01.2005)	170 (26.01.1990)	
Haapsalu	197 (09.01.2005), hinnanguline	150 (26.12.1951)	04.12.1873, Revalische Zeitung 28.01.1874, Revalische Zeitung 27.–28.08.1890, Revalische Zeitung
Heltermaa	148 (18.10.1967)	146 (09.01.2005)	
Virtsu	200 (09.01.2005), hinnanguline	150 (18.10.1967)	
Pärnu	275 (09.01.2005)	253 (18.10.1967)	1801, Ostsee-Prov-Bl. 30.10.1863, Perno Postimees 08.1864, Perno Postimees 28.08.1890, Revalische Beobachtung 1898, Neue Dörptsche Zeitung

Nii merevaatlusjaamades teostatud instrumentaalmõõtmiste tulemused kui ka vana-  
des ajakirjandusallikates viidatud väärtused näitavad, et 18.10.1967 ja 09.01.2005  
aset leidnud tsüklonite mõju on jälgitav kogu Eesti ranniku ulatuses. Läänemere kõr-  
geim teadaolev veetase, 421 cm, on registreeritud Peterburis 19.11.1824 (Averkiev &  
Klevanny, 2010). Samast tormist põhjustatud kõrgeid veetasemeid ning kaasnenu-  
d kahjusid Pärnus, Haapsalus, Narvas ja Kundas on kirjeldatud vanades ajaleheartiklites.

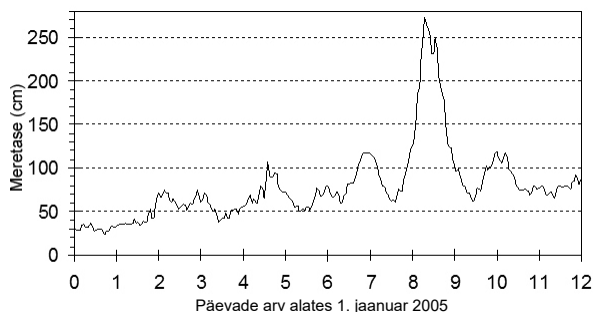


**Joonis 4.** Ajaloolised suurimad dokumenteeritud üleujutused Läänemere idaosas. Kõrgused riiklikes kõrgussüsteemides sentimeetrites (Averkiev & Klevanny (2010) ja Suursaar *et al.* (2006b) järgi).

Proгноosis näitavad, et 21. sajandil sagedanevad talvised valdavalt läänekaarest tulevad tormid (Jaagus & Suursaar, 2013; Suursaar *et al.*, 2015). Läänekaarte tormide sagedamisel on otsene mõju Lääne-Eesti rannikualadele, eriti Pärnu lahe piirkonna kõrgele veetasemele. 2005. aasta jaanuaritormi ajal tõusis meretase Pärnu lahes 275 cm kõrguseni (joonis 5), mis oli tingitud läänetormist ajendatud veetõusust (170–220 cm) ning varasematest tormidest põhjustatud keskmisest kõrgema veeseisu (70–80 cm) koosmõjust (joonis 6), põhjustades üleujutusi Pärnu linnas ja mujal Lääne-Eestis (Soomere, 2005), seejuures nihkus rannajoon ligi 1 km sisemaa suunas (Tõnisson

*et al.*, 2008). Soodsate tingimuste koosmõjul võib veetõus Pärnus ulatuda kuni 350 cm-ni (Suursaar *et al.*, 2006b). Veetõusu maksimaalsetele väärtustele lisandub tulevikus omakorda maailmamere taseme tõusust tingitud kõrgem veetase (joonis 3).

Meretaseme instrumentaalne mõõtmine on Pärnus toimunud alates 1924. aastast. Vanade ajaleheartiklite põhjal leiab infot varasemate ekstreemsete ilmastikunähtuste kohta (Tarand *et al.*, 2013). Suured üleujutused Pärnus on kirja pandud 1801., 1824., 1863., 1864. ja 1898. aastal. 1824. aasta üleujutus seostub Peterburis neli meetrit üle keskmise meretaseme mõõdetud veetasemega, mis on teadaolevalt kõrgeim mõõdetud meretase Läänemeres (joonis 4). Instrumentaalse mõõtmise perioodil on esinenud erakordselt kõrge meretase ja suur üleujutus 1923. aasta novembris (180 cm), 1932. aasta aprillis (179 cm), 1967. aasta oktoobris (253 cm), 1978. aasta septembris (181 cm), 1990. aasta veebruaris (184 cm) ja 2005. aasta jaanuaris (kuni 275 cm; joonis 5).

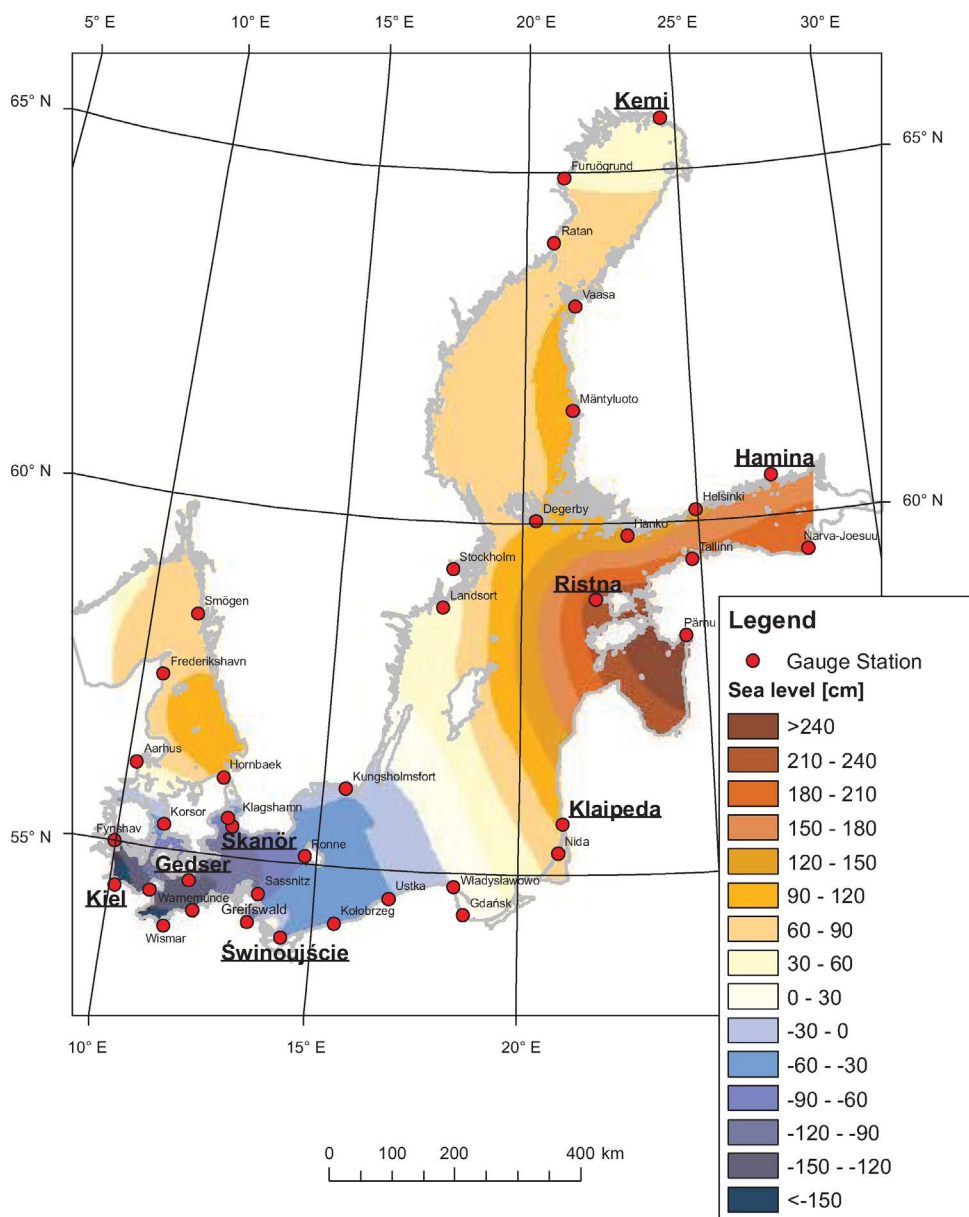


**Joonis 5.** Merevee tase Pärnus nn jaanuaritormi ajal ja sellele eelnenud nädalal (Suursaar *et al.* (2006b) järgi).

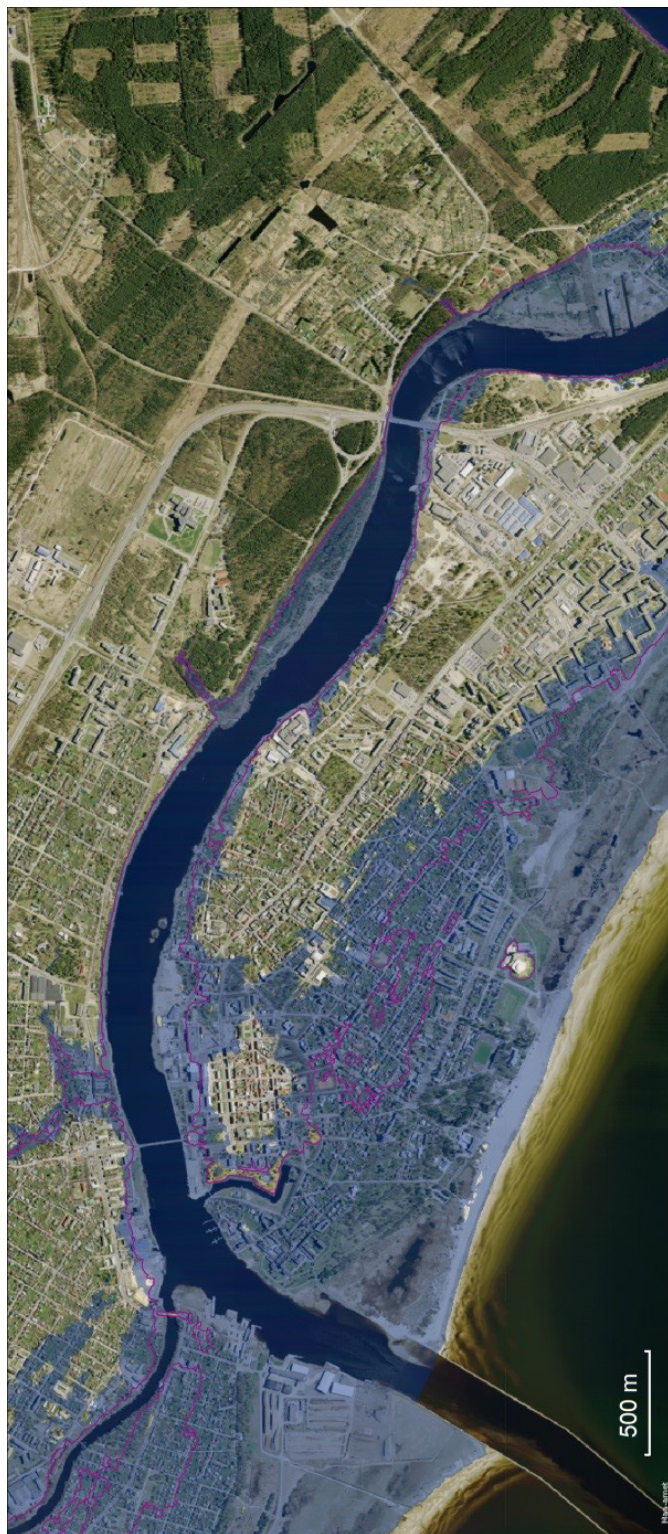
Jaanuaritormile sarnane üleujutus saab Pärnus aset leida siis, kui langevad kokku mitmed ilmastikuolud. Suurim võimalik üleujutus toimub, kui tuule suund on 220 kraadi, üle mere puhuvad pikka aega samast suunast tuuled, mis kuhjavad vett lahte, ning on üldine kõrge veetase Läänemeres. Püsiv 20 m/s tuul võib sobivast suunast puhudes tekitada püsiva veepinna kalde ja umbes 92 cm statsionaarse veeseisu lahepäras. 30 m/s puhuv tuul võiks tõsta veetaset Pärnus aga juba 240 cm. Läänemere üldise kõrgema veeseisuga kuni 100 cm üle pikaajalise keskmise võiks prognoositav tormiaju ulatus Pärnus aastal 2100 olla kuni 400 cm (joonis 7).

Puhtalt meretaseme tõusust tulenev risk on suures osas maandatud ehituskeeluvööndiga. Üleujutusriskiga aladel paiknevad hooned satuvad Pärnus ohtu ainult meretaseme tõusu ja tormi ühismõjus.





**Joonis 6.** Tsükloni Gudrun poolt põhjustatud muutused Läänemere veetasemes 09.01.2005 kell 05:00 UTC (Wolski *et al.*, 2014).



**Joonis 7.** Prognoositav maksimaalne tormiaju ulatus Pärnus aastal 2100: keskmine meretase IPCC (2013) ekstreemse kliimastenaariumi, RCP8.5 järgi (mediaan 74 cm; maakerge vastavalt NKG2005LU mudelile (Ågren & Svensson, 2007) *ca* 55 cm alates aastast 2000; tormiaju 350 cm (Suursaar *et al.* (2006b) järgi)). Võrdluseks on kaardile lillaka joonega tänapäevane 300 cm ü.m.p. samakõrgusjoon, mis on Pärnu Linnavalitsuse poolt määratud üleujutusriskiga alade piiriks. Baaskaart: Maa-amet (2014).

## **Üleujutustega seotud riskid ja nende maandamine**

Eestis on tänaseks olulisemad üleujutusohuga piirkonnad kaardistatud ning antud hinnang erineva ulatusega üleujutuste esinemise tõenäosuse osas, arvestades varasemaid üleujutusi (Maa-amet, 2013). Üleujutusrisiki alad on määratud ja kaardistatud Keskkonnaagentuuri hüdroloogia osakonna (tõenäosusstsenaariumite arvutamine) ja veeosakonna (üleujutusohuga seotud riskipiirkonna kaardikihi moodustamine), maa-ameti fotogramm-meetria osakonna (üleujutusohupiirkonna kaardikihi moodustamine) ja geoinformaatika osakonna geoinfosüsteemide büroo (üleujutuse rakenduse loomine), statistikaameti statistika levi osakonna (elanike arvu leidmine) ning andmetötluse ja registrite osakonna (majandusüksuste leidmine), Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituudi (Kakumäe, Kopli ja Paljassaare lahe veetasemete modelleerimine ja tõenäosusstsenaariumite arvutamine) koostöös.

Tehtud tööde raames on määratud ja kaardistatud üleujutusosalade prognoositav ulatus (üleujutusala esinemistõenäosuse järgi: üks kord 10, 50, 100 ja 1000 aasta jooksul), üleujutusosalale jäävad hooned, supluskohad, kompleksloaga (ehk olulise reostusriskiga) kätised, pinnaveehaarded, reoveekätised ning riskipiirkonnad. Üleujutusohupiirkonna ja üleujutusohuga seotud riskipiirkonna kaartide koostamiseks arvutati veetasemete aegriidade põhjal tõenäosusstsenaariumid, koguti kahjulikke tagajärgi näitavaid andmeid ja moodustati kaardikihid (Keskkonnaministeerium, 2014). Üleujutusohuga seotud riskide maandamiseks koos selle juurde kuuluva meetmeprogrammiga, mis hõlmab potentsiaalseid üleujutusalasid nii rannikul kui sisemaal (Keskkonnaministeerium, 2015), on hetkel koostamise lõppetapis ehk avalikustamisel. Pärast 2005. aasta jaanuaritormi Gudrun on mitmed omavalitsused kehtestanud või kehtestamas uusi üldplaneeringuid, osaüldplaneeringuid ja teemaplaneeringuid, mille kaudu soovitakse vähendada üleujutusest põhjustatud võimalikke kahjulikke tagajärgi inimeste tervisele, keskkonnale, kultuuripärandile ja majandustegevusele ja määrata hoonestamistingimusi üleujutusohuga aladel.

Vastavalt Pärnu linna teemaplaneeringule „Pärnu linna ja lähiümbruse võrgustikke siduv teemaplaneering“ (Ramboll Eesti AS, 2012) tuleb maa-aladel, mille kõrgus on vähem kui kolm meetrit üle merepinna, arvestada üleujutusriskiga ja asjaoluga, et projekteeritud hoonete ja rajatiste osad võidakse üle ujutada, mistõttu on soovitatav arvestada üleujutuse mõju ehitusmaterjalidele ja konstruktsioonidele ning vastavad konstruktsioonid rajada veekindlatena või hingavatena.

Häädemeeste valla üldplaneering ja Häädemeeste valla rannaalade osaüldplaneering seavad tingimused hoonestuse, tehnovõrkude, reoveesüsteemide jm arendamiseks. Uute elamute rajamine korduva üleujutusega alale ei ole lubatud. Korduva üleujutusega ala piir on määratud 1 m kõrgusjoonega. 3 m samakõrgusjoonest mere poole jääval alal paiknevate hoonete, rajatiste, sh tehnovõrkude projekteerimisel on soovitatav arvestada võimaliku üleujutusohuga. Üleujutusohu leevendab kaitsetammide rajamine, mille asukoha valikuks ja projekteerimiseks on vajalikud eelnevad rakendusuringud. (Häädemeeste Vallavalitsus, 2013; 2015).

Haapsalu linna üldplaneeringu kohaselt esineb Haapsalus üldise Läänemere kõrge veetaseme ja läänetormide korral üleujutusi, maksimaalselt on veetase ulatunud kahe meetrini üle keskmise. Selleks, et vältida võimalike üleujutustega kaasnevaid kahjusid, ei tohiks üleujutatavatel rannaaladel uute elamute esimese korruse põrand olla madalamal kui 2,2 m merepinnast. Ranna lähedal asuvate kruntide puhul ei tohiks kõrgvee kogunemise ennetamiseks kvartalit ümbritsevate tänavate pind olla kõrgem kvartali sisse jäävate kruntide pinnast või tuleb tänavatele piisavalt ette näha liigvee eemaldamiseks vajalikke truupe (Haapsalu Linnavalitsus, 2006).

Noarootsi valla rannaalade teemaplaneering sätestab, et piirkonnad, kus maapinna absoluutkõrgus on alla 1,5 m, ei sobi ehitusaladeks. Elamutel ja suvemajadel on soovitatav puhta põranda pinda tõsta vähemalt 2,2 meetrini üle merepinna ja hoone vundament on soovitatav rajada postidele või tuulutusavadega. Kui üleujutusohhtlikul rannaalal on juurdepääsuteede pind kõrgem maismaapoolsete kruntide pinnast, on kruntidele tulvava merevee kiire tagasivoolu tagamiseks soovitatav paigaldada truubid (Noarootsi Vallavalitsus, 2005).

Eesti rannikuala osas on olemas meretaseme muutuste mudelprognoos, mis võimaldab merevee taseme võimalikku muutumise suunda ja amplituudi ligi kaks päeva ette prognoosida. Operatiivne mereinfo saadakse Läänemere rannikul paiknevatest seirejaamadest, kus mõõdetakse meretaset, veetemperatuuri jne. Andmed edastatakse reaajas rahvusvahelisse süsteemi BOOS (Baltic Operational Oceanographic System; BOOS (2015)), mis on mereprognooside koostamise aluseks mudelsüsteemi HIROMB (High Resolution Operational Model for the Baltic Sea) abil. Euroopa tasemel arendab mereprognoose MyOcean projektikonsortsium (<http://www.myocean.eu.org/>), erinevate mudelversioonide baasil on arendatud uue põlvkonna operatiivne prognoosimudel HBM (DMI, 2015). TTÜ Meresüsteemide Instituut (TTÜ Meresüsteemide Instituut, 2015) osaleb aktiivselt BOOS tegevuses, SA KIK finantseeritud projektide toel koostatakse igapäevaselt meretaseme prognoose ja edastatakse need riigi ilmateenistusele.

Tänase seisuga saab riigi ilmateenistus meretaseme prognoosi HIROMB mudelist TTÜ Meresüsteemide Instituudi kaudu. Kodanikele suunatud info kuvatakse ilmateenistuse kodulehel kaardina ning potentsiaalse ohuolukorra eel hoiatustena kolmel ohutasemel. Eriti ohtliku (kolmas hoiatuse tase) nähtusega kaasnevad keskkonnakahjustused – rannarajatiste üleujutus, vee tungimine linnatänavatele. Päästeameti kodulehel on juhend tavakodanikule üleujutuse ohuolukorras käitumiseks.

## **Millega arvestada tulevikus ja kuidas kohaneda?**

Arvestades muutõusu kiirustega Eesti alal ja maailmamere taseme tõusu prognoosidega, asendub pikaajaline, pärastjääaegsest kerkest tingitud suhteline meretaseme languse trend sel sajandil kliimamuutuste tõttu tõenäoliselt tõusutrendiga. See võib 21. sajandi lõpuks Eesti rannikutel optimistliku, RCP4.5 tulevikustsenaariumi järgi tähendada 20 kuni 40 cm ning pessimistlikuma, RCP8.5 stsenaariumi järgi

40 kuni 60 cm keskmise meretaseme tõusu. Praegu loetakse eriti ohtlikuks merevee tasemeks Pärnus vähemalt 160 cm, Haapsalus 140 cm, Narva-Jõesuus 160 cm, Tallinnas Koplis ning Pirital 80 cm ja Kesklinna sadamas 120 cm ning Kuressaares 150 cm üle keskmise. Planeeringutes ja päästesüsteemide välja töötamisel tuleb arvestada, et tulevikus paiknevad vastavad üleujutusohuga ala samakõrgusjooned meretaseme tõusu tõttu senisest sisemaa pool.

Tsüklonite trajektooride muutuste ja sellest tuleneva läänetormide sagenemise tõttu ohustavad Eesti rannikuid aina tihedamini tormide põhjustatud üleujutused, mille ulatus on tulevikus tõenäoliselt senikogetuist suurem. Tormiajudest tulenevate üleujutuste täpsemaks ja operatiivsemaks hindamiseks ja riskide maandamiseks tuleb käigus hoida ja edasi arendada meretaseme prognoossüsteeme ja elanikkonna hoiatuskanaaleid ning tõsta erinevate prognooside usaldusväärsust. Eestis on üleujutuste esinemistõenäosuste (üks kord 10, 50, 100, 1000 aasta jooksul) hindamisel senini kasutatud vaatlusandmeid väga lühikese perioodi kohta – 19 kuni 144 aastat, valdavalt alla 50 aasta (Keskkonnaministeerium, 2014) –, mis teeb keerukaks üleujutuste sageduse ja nende ulatuse teaduslikult usaldusväärse hindamise 100 aasta või pikema perioodi lõikes. Usaldusväärsuse tõstmiseks on seega oluline analüüsida ka arhiivandmeid ja tähelepanu pöörata geoloogilises materjalis talletunud informatsioonile (üleujutus- ja tormisetete vanus ja levik maapõues).

Maailmamere taseme tõusu, läänetormide sagenemise ja talvise jääkatte vähenemise koosmõjul järgnevatel aastakümnetel tõenäoliselt intensivistuvad ka kulutusprotsessid Eesti rannikualadel, mistõttu võivad ohtu sattuda rannavööndi vahetus läheduses asuvad objektid, sh kultuuripärand, ning võib kannatada rannaturism. Riskide ennetamiseks ja tagajärgede leevendamiseks on oluline käigus hoida ja arendada randade seiremetoodikaid ja -süsteeme, selgitada välja ohustatud olulised objektid, kavandada nende kaitse ning planeeringutes arvestada rannaerosiooni kiirustega. Vajadusel saab Eesti tingimustesse kohandada Läänemere lõunarannikul juba kasutuses olevaid randade tagasitõitmise meetoodikaid. Võrrelduna Läänemere lõunarannikuga, eelkõige Saksamaa ja Poola aladega, kus meretaseme tõusu kompenseeriv maatõus on oluliselt aeglasem, on rannikute erosiooniga seonduvad probleemid Eestis siiski tagasihoidlikumad ning vajadust ulatuslike rannakaitse meetmete järele tõenäoliselt ei ole.

## **Kasutatud kirjandus**

- Ågren, J. & Svensson, R. (2007). Postglacial Land Uplift Model and System Definition for the New Swedish Height System RH 2000. LMV-Rapport 2007:4, Lantmäteriet, Sweden.
- Averkiev, S. & Klevanny, K. A. (2010). A case study of the impact of cyclonic trajectories on sea level extremes in the Gulf of Finland. *Cont Shelf Res* 30:707–714.
- BACC II Author Team (Ed.) (2015). Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Regional Climate Studies. Springer International Publishing.
- BOOS (2015). Baltic Operational Oceanographic System. <http://www.boos.org/>

- COM 216 (2013). Komisjoni teatis Euroopa parlamendile, nõukogule, Euroopa majandus- ja sotsiaalkomiteele ning Regioonide komiteele: Kliimamuutustega kohanemist käsitlev ELi strateegia /COM/2013/0216 final/. European Commission. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013DC0216>
- DMI (2015). Danish Meteorological Institute. <http://www.dmi.dk/vejtr/>
- European Commission (2009). Komisjoni teatis Euroopa parlamendile, nõukogule, Euroopa majandus- ja sotsiaalkomiteele ning Regioonide komiteele: concerning the European Union Strategy for the Baltic Sea Region /COM(2009) 248 final/. Brüssel, 10.6.2009. [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docoffic/official/communic/baltic/com\\_baltic\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/communic/baltic/com_baltic_en.pdf)
- Haapsalu Linnavalitsus (2006). Haapsalu linna üldplaneering. [http://vana.haapsalu.ee/include/upload/Hps\\_ypl\\_seletuskiri.pdf](http://vana.haapsalu.ee/include/upload/Hps_ypl_seletuskiri.pdf)
- Häädemeeste Vallavalitsus (2013). Häädemeeste valla üldplaneering. [http://haademeeste.kovtp.ee/documents/381466/2819517/%C3%9CP\\_seletuskiri\\_060613.pdf/ed3f6acb-c1b5-4305-91b5-19a3f03a9e09](http://haademeeste.kovtp.ee/documents/381466/2819517/%C3%9CP_seletuskiri_060613.pdf/ed3f6acb-c1b5-4305-91b5-19a3f03a9e09)
- Häädemeeste Vallavalitsus (2015). Häädemeeste valla rannaalade osaüldplaneering. [http://haademeeste.kovtp.ee/documents/381466/6803166/Rannaalade\\_seletuskiri\\_20042015.docx/472aa69b-1847-4418-b900-de0bf3fc6aa9](http://haademeeste.kovtp.ee/documents/381466/6803166/Rannaalade_seletuskiri_20042015.docx/472aa69b-1847-4418-b900-de0bf3fc6aa9)
- Ilmateenistus (2015). Merevee tase. <http://www.ilmateenistus.ee/meri/mereprognoosid/merevee-tase/> (05.02.2015).
- IPCC (2007). „Climate Change 2007“, the Fourth Assessment Report.
- IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Jaagus, J. & Suursaar, Ü. (2013). Long-term storminess and sea level variations on the Estonian coast of the Baltic Sea in relation to large-scale atmospheric circulation. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 62(2), 73–92.
- Kall, T., Oja, T. & Tānavsuu, K. (2014). Postglacial land uplift in Estonia based on four precise levelings. *Tectonophysics*, 610, 25–38.
- Keskonnaministeerium (2013). Eesti kuues kliimaaruanne ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni elluviimise kohta. [http://www.envir.ee/sites/default/files/elfinder/article\\_files/kliimaaruanne\\_et.pdf](http://www.envir.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/kliimaaruanne_et.pdf) (11.04.2014).
- Keskonnaministeerium (2014). Üleujutusohupiirkonna ja üleujutusohuga seotud riskipiirkonna kaardid. <http://www.envir.ee/sites/default/files/kokkuvote.pdf> (19.11.2014).
- Keskonnaministeerium (2015). Üleujutusohuga seotud riskide maandamiskavad. <http://www.envir.ee/et/uleujutusohuga-seotud-riskide-maandamiskavad>.
- Klein, J. & Staudt, M. (2006). Evaluation of future sea level rise impacts in Pärnu / Estonia. In: Schmidt-Thomé P. (ed), *Sea level hange affecting the spatial development in the Baltic Sea Region* (Seareg). *GeolSurvFinlandSpecPap*, 41, 71–81.
- Kont, A., Jaagus, J., Aunap, R., Ratas, U. & Ravis, R. (2008). Implications of sea-level rise for Estonia. *Journal of Coastal Research*, 24(2), 423–431.
- Loáiciga, H. A., Pingel, T. J. & Garcia, E. S. (2012). Sea water intrusion by sea-level rise: Scenarios for the 21st century. *Ground Water*, 50(1), 37–47.
- Love, G., Soares, A. & Püempel, H. (2010). Climate change, climate variability and transportation. *Procedia EnvironSci*, 1, 130–145.
- Maa-amet (2013). Üleujutuste rakendus. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Teenused/Kaardirakendus/Uleujutuste-rakendus-p467.html>

- Nicholls, R. J., Marinova, N., Lowe, J. A., Brown, S., Vellinga, P., Gusmão, D., Hinkel, J. & Tol, R. S. J. (2011). Sea-level rise and its possible impacts given a 'beyond 4 °C world' in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369, 161–181.
- Noarootsi Vallavalitsus (2005). Noarootsi valla rannaalade teemaplaneering. <http://noarootsi.kovtp.ee/documents/1708058/4030939/Rannaalade+teemaplaneeringu+seletuskiri.pdf/130f569b-ca77-4eb2-8bdc-3fabfae8a908?version=1.0>
- Oja, T. & Märdla, S. (2014). Põhjamaade Geodeesiakomisjoni (NKG) geoidi-kõrgussüstee-  
mide ning geodünaamika töögrupi kohtumised Rootsis Gävles 2014. a kevadel. *Geodeet*, 44, 26–27.
- Ramboll Eesti AS (2012). Pärnu linna ja lähiümbruse võrgustikke siduv teemaplaneering, Eelnõu. Projekti nr 2010-0052.
- Rosentau, A., Harff, J., Oja, T. & Meyer, M. (2012). Postglacial rebound and relative sea level changes in the Baltic Sea since the Litorina transgression. *Baltica*, 113–120.
- Sepp, M., Post, P. & Jaagus, J. (2005). Long-term changes in the frequency of cyclones and their trajectories in Central and Northern Europe. *Nordic Hydrology*, 36(4–5), 297–309.
- Shepherd, A. et al. (2012). A Reconciled Estimate of Ice-Sheet Mass Balance. *Science* 338, 1183–1189.
- Soomere, T. (2005). Märatsev meri: kui vesi peale tungib. *Horisont* 3/2005.
- Suursaar, Ü., Jaagus, J. & Kullas, T. (2006a). Past and future changes in sea level near the Estonian coast in relation to changes in wind climate. *Boreal Environment Research*, 11(2), 123–142.
- Suursaar Ü., Kullas T., Otsmann M., Saaremäe I., Kuik J. & Merilain M. (2006b). Cyclone Gudrun in January 2005 and modelling its hydrodynamic consequences in the Estonian coastal waters. *Boreal Environment Research*, 11(2), 143–159.
- Suursaar, Ü., Jaagus, J. & Tõnisson, H. (2015). How to quantify long-term changes in coastal sea storminess? *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 156, 31–41.
- Tarand, A., Jaagus, J. & Kallis, A., (2013). Eesti kliima minevikus ja tänapäeval. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- TTÜ Meresüsteemide Instituut (2015). Läänemeri. <http://www.ttu.ee/laanemeri/>
- Tõnisson, H., Orviku, K., Jaagus, J., Suursaar, Ü., Kont, A. & Rivis, R. (2008). Coastal damages on Saaremaa Island, Estonia, caused by the extreme storm and flooding on January 9, 2005. *Journal of Coastal Research*, 24(3), 602–614.
- Watson, C. S., White, N. J., Church, J. A., King, M. A., Burgette, R. J. & Legresy, B. (2015). Unabated global mean sea-level rise over the satellite altimeter era. *Nature Climate Change*, 3 (6), 565.
- Werner, A. D. & Simmons, C. T. (2009). Impact of sea-level rise on sea water intrusion in coastal aquifers. *Ground Water*, 47(2), 197–204.
- Wolski, T. *et al.*, (2014). Extreme sea levels at selected stations on the Baltic Sea coast. *Oceanologia*, 56 (2), 259–290.
- Wong, P. P., *et al.*, (2014). Coastal systems and low-lying areas. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 361–409.



## Kuidas ruumiline planeerimine kohaneb kliimamuutustega?

Maila Kuusik

Eesti Planeerijate Ühing

### Kliimariskide käsitus Eesti planeerimisõiguses

Planeeringu koostamist ning planeeringule seatavaid ülesandeid reguleerib planeerimisseadus (PlanS). Eesti planeerimissüsteemis on neli planeeringu liiki – riigi tasandil üleriigiline planeering ja maakonnaplaneering ning kohaliku omavalitsuse tasandil üldplaneering ja detailplaneering. Uute planeeringuliikidena on planeerimissüsteemi lisandunud riigi ja kohaliku omavalitsuse eriplaneeringud, mille kohta tuleb koostada kindlasti keskkonnamõju strateegiline hindamine. Seadus sätestab, et planeerimisalase tegevuse korraldaja peab planeerimisel arvesse võtma asjakohaseid ruumilist arengut mõjutavaid strateegiaid, riskianalüüse, kehtivaid planeeringuid, arengukavasid ning teisi ruumilist arengut mõjutavaid dokumente ja muud seotud teavet.

Veeseadus sätestab nõuded **üleujutusohuga seotud riskide maandamiskavale**, mis peab hõlmama kõiki riskide maandamise aspekte, sealhulgas riskide vältimist, kaitset üleujutuste eest ning valmisolekut üleujutusteks, üleujutuste prognoosimist ja varajase hoiatamise süsteeme. Maandamiskavas võidakse selleks kavandada jõeluhtade kasutusest väljajätmist, jätkusuutlike maakasutustavade edendamist ja teisi üleujutusohuga seotud riskide vältimise meetmeid, mis ei ole tingimata seotud uue taristu rajamisega. Riskide maandamiskavas kehtestatud nõudeid, erisusi, kitsendusi ning asjakohaste meetmete rakendamise vajadust võetakse arvesse veemajanduskava, maaparandushoiukava, üld- ja detailplaneeringute ning riiklike ja kohalike omavalitsuste kriisireguleerimise plaanide koostamisel.

Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seaduse (KeHJS) kohaselt on üleriigilise, maakonna ja üldplaneeringu koostamisel kohustuslik läbi viia keskkonnamõjude strateegiline hindamine (KSH). Detailplaneeringute koostamisel ei ole KSH koostamise nõue lausaline. Planeerimisseadus sätestab juhud, mil detailplaneeringutele tuleb koostada KSH või anda eelhinnang KSH vajalikkuse kohta. Siia kuuluvad näiteks üldplaneeringut muutvad detailplaneeringud või olulise ruumilise mõjuga ehitisi kavandavad detailplaneeringud. Kliimamuutuste kontekstis tuleb rõhutada, et KSH aruanne peab sisaldama hinnangut kliimamuutustele.

Looduskaitseseaduse (LKS) kohaselt on ranna või kalda kaitse eesmärk looduskosluste säilitamine, inimtegevusest lähtuva kahjuliku mõju piiramine, ranna või kalda eripära arvestava asustuse suunamine ning seal vaba liikumise ja juurdepääsu tagamine. LKS eelkäijaks oli ranna ja kalda kaitse seadus (Riigi Teataja, 2004), mis hakkas kehtima juba 1995. aastal, sätestades veekogude randade ja kallaste ulatuse,



nende ökosüsteemide kaitse ja kasutamise korralduse lähtuvalt säästva arengu ning loodusliku elurikkuse säilitamise põhimõtetest. Seega oli varasema seaduse mõte ja käsitus laiem praegusest looduskaitseseadusest, kuivõrd ranna ja kalda kaitse eesmärgid teenisid ühtlasi ka kaudselt kliimamuutustega kohanemise eesmärke.

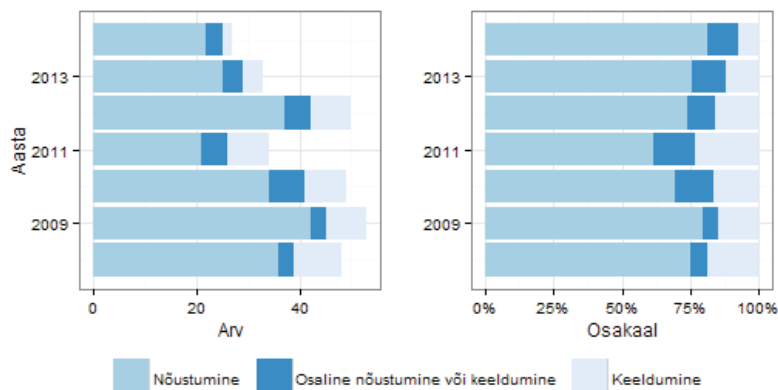
LKS määrab rannal ja kaldal piirangu-, veekaitse- ja ehituskeeluvööndi, samuti loetleb objektid, millele ehituskeeluvöönd ei laiene. Ehituskeeluvööndit saab planeerimis- seaduse kohaselt suurendada üldplaneeringuga ning vähendada üld- või detailplaneeringuga. Nõusoleku ehituskeeluvööndi vähendamiseks annab keskkonnaamet. LKS kohaselt määratakse ka korduva üleujutusega ala piir mererannal üldplaneeringuga. Linna, aleviku või küla tiheasustusalala muutmine, sh laiendamine ranna piiranguvööndis kehtestatakse üldplaneeringuga.

Eestis on hulgaliselt regulatsioone, mis üleujutuste ja nende mõjude ennetamiseks võimaldavad asustuse arengut ja arendustegevust ning ehitamist ranna- ja kaldavööndis suunata. Aastaid on arutatud võimalust, et ehituskeeluvööndit saaks vähendada ainult üldplaneeringuga. Nõnda saaks tagada ranna- või kaldavööndi terviklikku ruumilist ja maakasutuslikku käsitlust. Paraku pole aruteludest kaugemale jõutud. Praktikas toimub ehituskeeluvööndi vähendamine pigem detailplaneeringutega (tabel 1) – ehituskeeluvööndi vähendamiste osakaal üldplaneeringutes on suhteliselt tagasihoidlik.

**Tabel 1.** Ehituskeeluvööndi vähendamise taotlused üldplaneeringutega ning alevite ja linnade ehituskeeluvööndi vähendamise taotlused üld- ja detailplaneeringutega\* perioodil 2009–2014. Allikas: Keskkonnaamet (2015).

Aasta	Üldplaneeringuga ehituskeeluvööndi vähendamise taotlused	Alevites ja linnades ehituskeeluvööndi vähendamise taotlused*
2009	0	9
2010	6	8
2011	5	7
2012	1	10
2013	3	8
2014	1	5

Siiski näitab ehituskeeluvööndi vähendamine pigem kahanevat tendentsi. Üheks põhjuseks on kindlasti ehitustegevuse stabiliseerumine. Teiseks esitatakse keskkonnaameti hinnangul ehituskeeluvööndi vähendamise taotlusi varasemast vähem, sest kasvanud on kohalike omavalitsuste teadlikkus – keskkonnaametile esitatakse vaid eelnevalt kaalutletud ja põhjendatud taotlusi (joonis 1). Seetõttu on ka positiivsete otsuste osakaal suurenenud. Taotluste vähenemise põhjuseks võib olla ka kohalike omavalitsuste sisukam ja ladusam koostöö keskkonnaametiga planeeringu koostamise etapis, milles välistatakse randa ja kallast kahjustavad lahendused (või otsustatakse paigutada ehitised ehituskeeluvööndist väljapoole).



**Joonis 1.** Keskkonnaameti otsused ehituskeeluvööndi vähendamise kohta ja taotluste rahuldamise protsentuaalne jaotus perioodil 2008–2014.

## Kas ja kuidas arvestatakse kliimamuutustega planeeringute koostamisel?

Lühidalt sellele küsimusele vastates – kuidas kunagi. Riigi tasandi planeeringutes on kliimamuutustega seonduvaid küsimusi kirjeldatud pigem globaalprobleemina. Sama kehtib rahvusvaheliste planeeringudokumentide kohta (VASAB-i deklaratsioonid, ruumilise planeerimise harta jt), mis viimastel aastatel on rõhutanud kliimamuutustega kerkivaid ja teravnevaid probleeme. Eesti kontekstis on formaalse lähenemise taga eeldatavasti kaks peamist põhjust. Esiteks ei ole kliimamuutused Eestis nii käegakatsuvad ega tekita olulist kahju, jäädes meist kusagile kaugele. Teiseks ei tunta Eestis kliimamuutuste temaatikat piisava põhjalikkusega, et mõjusid ja riske planeeringutes sidusalt käsitleda. Mõningaid märksõnu kliima ja selle mõjude kohta planeeringutes siiski leidub.

Üleriigiline planeering „Eesti 2030+“ (Siseministeerium, 2013), mis on kehtestatud 2012. aastal, käsitleb kliimat olulisemate ruumilist mõju omavate üleilmsete suundumuste kontekstis planeeringu sissejuhatavas osas (ptk 1.1 ja 1.3). Peamiselt sellega ka kliimamuutuste käsitus planeeringus piirdub. Veel nimetatakse kliimamuutust energietika peatükis (ptk 5.4), kus soovimatute kliimamuutuste leevendamiseks seatakse eesmärgiks taastuvenergia osakaalu suurendamist. Rohetaristu käsitluses (ptk 6) tähtsustakse selle rolli liikide rändes kliimamuutustega kohanemisel – rohetaristu annab elutähtsa panuse kliimamuutuse looduslikku leevendamisse ja sellega kohanemisse, kuid mitte inimeste elukeskkonna kontekstis.

2013. aasta juulis algatas Vabariigi Valitsus uute maakonnaplaneeringute koostamise, mille lähteülesandes (Vabariigi Valitsus, 2013) ei ole küll osundatud konkreetset kliimamuutuste ja sellega kohanemise meetmete kajastamise vajadusele, kuid rõhutatakse ülejutusriskiga aladele asustusalade planeerimise vältimist. Samas rõhutatakse veeäärsete alade väärtustamist ja avamist, veekogude kasutamisevõimaluste

suurendamist, eelistatult avalike ruumide ja ühiskondlike ehitiste arendamist ning väljakujunenud maastikuliste ja linnaliste eripärade rõhutamist erinevate veeäärsete alade arengus. Neist viimane kuulub küll pigem üldplaneeringu kui maakonnaplaneeringu ülesannete hulka.

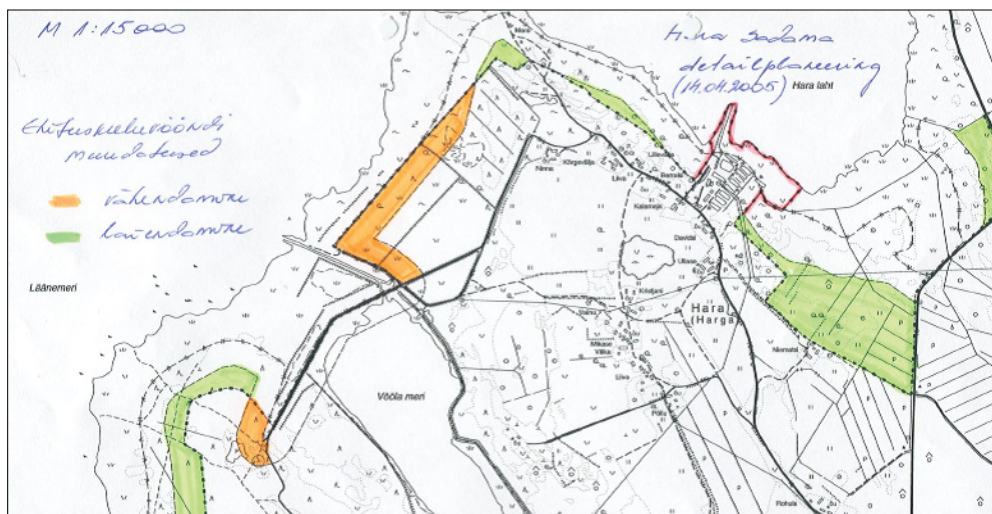
Kohalike omavalitsuste üldplaneeringutes kliimamuutuste mõjusid või sellega kohanemist reeglina ei käsitleta. Erandiks on omavalitsused, keda oluliselt mõjutas 2005. aasta jaanuaritorm. Pärast juhtunut kaardistasid mitmed läänerranniku kohalikud omavalitsused tormikahjustusi ning võtsid edaspidi üleujutusriske üldplaneeringute koostamisel arvesse. Jõgede üleujutusriskidega arvestavad omavalitsused vähemal määral, sealhulgas ka suurtel eeslinnastuvatel aladel, kus toimub hoogne arendustegevus. Keskkonnaameti andmetel on näiteks Tartu linna lähikonna valla, vaatamata üleujutusriskile Emajõe lammil, senini detailplaneeringutega esitanud ehituskeelvööndi vähendamise taotlusi uuselamualade kavandamiseks. Linnades on ehitusjoon sageli välja kujunenud ning üldjuhul on keskkonnaamet ehituskeelvööndi vähendamisega linnades ka nõustunud. Selle peamiseks põhjuseks on taotluste läbivaatamisel peamiselt loodusväärtustele keskendumine. Edaspidi tuleks ehituskeelvööndi vähendamisel enam tähelepanu pöörata ka kliimamuutustega kaasnevatele riskidele. Ajaloolise asustuse puhul on kas nn talupoja tarkusest või põlvest põlve edasiantavast teadmisest üleujutuse riski võimalusega arvestatud. Uusarendustes aga ajalooline kogemus üleujutustega puudub ning seetõttu riske alahinnatakse.

Ehituskeelvööndi suurendamine on Eesti praktikas suhteliselt erandlik. Ka puudub vööndi suurendamise põhjuste kohta täpsem informatsioon.

Üheks eeskujulikumaks näiteks on Noarootsi valla rannaalade teemaplaneering (Noarootsi Vallavalitsus, 2005). Teemaplaneeringu eesmärgiks seati varasemalt koostatud valla üldplaneeringus toodud ranna ehituskeelvööndi ja piiranguvööndi piiride täpsustamine vastavalt looduskaitseseadusele. Ühtlasi täpsustati planeeringuga rannaalade üldiseid maakasutus- ja ehitustingimusi. Planeeringu koostamisele eelnes 2005. aasta tormikahjustuste detailne kaardistamine maastikul. Teemaplaneering ei hõlma kogu valla rannajoont, vaid on jaotatud kolmeks piirkonnaks (joonis 2). Välja on jäetud valla põhjapoolne osa, kus rannaalad kuuluvad Nõva maastikukaitseala koosseisu ning Tahu/Skåtanäs küla ja Saare/Lyckholm küla rannapiirkond, mis paikneb Silma looduskaitsealal. Rannaala teemaplaneering kehtestati 2006. aastal. Vallavalitsuse andmetel ei ole planeeringut ajavahemikul 2006–2014 kordagi muudetud ning see on aidanud maaomanikele ning arendajatele selgitada, miks nende poolt soovitud kohtadesse ei ole võimalik ehitada.

Mille poolest see planeering eristub? Esiteks on selle suuresti teinud omavalitsus ise, mis on Eesti planeerimispraktikas võrdlemisi erandlik. See tähendab ka seda, et reguleeritud on eelkõige seda, mille reguleerimist on omavalitsus pidanud vajalikuks planeeringus käsitleda – üleujutusala ning selle ehitustingimusi. Teine oluline tegur on aeg ja koht, millega planeeringud peaksid otseselt tegelema. Vahetult pärast jaanuaritormi kaardistas omavalitsus välitööde käigus lihtsate vahenditega kahjud, pöörates

eriti tähelepanu neile aladele, kus ehitussurve eeldatavasti tekib. Kuivõrd kaitsealal on arendamine väga problemaatiline, jäeti kaitseala planeeringust välja. Üldiselt väidetakse, et planeeringu koostamist ei võimalda andmete puudumine. Noarootsis said üleujutusosalad aga täpselt kaardistatud (joonis 2). Planeeringu elluviimise seisukohalt on aga oluline, et osapooled peavad ka leppest ehk planeeringulahendusest kinni.



**Joonis 2.** Väljavõte Noarootsi valla rannaalade teemaplaneeringu Hara-Kudani piirkonna kaardist.

Omavalitsuse hinnangul aitas rannaala teemaplaneeringu koostamisele kaasa ka samaaegne Lääne maakonnaplaneeringu teemaplaneeringu „Asustust ja maakasutust suunavad keskkonnatingimused“ (Lääne Maavalitsus, 2005) koostamine. Teemaplaneeringus sätestati, et seoses üleujutusohuga ei ole hajaasustuses soovitatav vähendada ehituskeeluvööndit aladel, mis on arvatud väärtuslikeks maastikeks ja mis jäävad madalamale 1,5 m absoluutkõrgusest. Planeeringus olid erandiks määratud ajaloolise hoonestusega alad, kus üleujutuse risk on suhteliselt madal, kuivõrd üleujutusohuga on hoonete paigutamisel maastikku arvestatud. Maakonnaplaneering sätestab täiendavalt, et väärtuslikele maastikele jäävate jõgede kallastel ehituskeeluvööndit ei vähendata, v.a ajaloolise hoonestusega aladel. Tegemist on suhteliselt erandliku näitega, sest enamiku teiste maakondade teemaplaneeringuid viitavad pigem õigusaktidest tulenevatele regulatsioonidele, andmata konkreetseid suuniseid ehituskeeluvööndi määramiseks. Antud näites maakonnaplaneering ning üldplaneering täiendavad teineteist ning töötavad ühise eesmärgi nimel.

Kliimamuutusi arvestavaks näiteks võib pidada ka koostatavat Pärnu linna üldplaneeringut (Pärnu Linnavalitsus, 2014) ja selle KSH aruannet, kus on käsitletud üleujutusriske ning sademevee ärajuhtimist. Sarnaselt teiste planeeringutega ei viidata

planeeringus otseselt kliimamuutustele, kuid ometi sätestab üldplaneering nõuded tehnovõrkudele ning detailsed nõuded ehitistele. Näiteks alla kolme meetri samakõrgusjoonega maa-aladel tuleb arvestada üleujutusriskiga, ehitiste vastavad konstruktsioonid rajada veekindlatena või hingavatena ning arvestada üleujutuse mõju ehitusmaterjalidele ja konstruktsioonidele. Planeering pakub Pärnu linnas uute põhihoonete esimese maapealse korruse põranda madalaimaks lubatavaks ehituskõrguseks kolm meetrit. Samuti rõhutatakse üleujutusriskide hindamise kohustust detailplaneeringu koostamisel. Arenduse puhul, millel on kehtiv detailplaneering, kuid ehitusluba ei ole veel väljastatud, tuleb projekteerimisel üleujutusriske arvesse võtta. Sademevee küsimused Pärnu linnas on tulevikus kavas lahendada vastava üldplaneeringu teemaplaneeringuga.

Tartu linna üldplaneeringuga (Tartu Linnavalikogu, 2005) on Emajõe ehituskeeluvööndit nii suurendatud kui ka vähendatud. Tehtud otsused on põhjendatud ning kliimamuutuste võimalike mõjudega on arvestatud. Üldplaneeringus nimetatakse mikrokliima parendamise meetmetena veekogude ja haljastuse olemasolu ning nende säilitamist, kuid kliimamuutustega neid otseselt ei seostata.

Teistes Eesti üleujutusriskiga linnade üldplaneeringutes on probleemi suhteliselt vähem kajastatud (tabel 2). Siiski andis 2005. aasta jaanuaritorm selleks teatava tõuke ja oli ohusignaalsiks, mistõttu on peale 2005. aastat koostatud planeeringutes üleujutusriskile rohkem tähelepanu pöörama hakatud.

**Tabel 2.** Kliima, kliimamuutustest tingitud riskide ja üleujutuste käsitlemine linnade üldplaneeringutes. Linnade valikul on lähtutud maandamiskavades määratud üleujutusriskiga linnade nimekirjast.

Linn	Kehtestatud	Üldplaneeringus kajastatud	
		Kliima	Üleujutus
Pärnu	koostamisel	–	Seatud tingimused üleujutusriskiga aladel ehitamiseks, sademevee teemaplaneering jätkutegevusena
Haapsalu	2006	Kirjeldatud kliimaparametreid	Üleujutust on nimetatud probleemina, seatud tingimused üleujutusriskiga aladel ehitamiseks, sademevee ärajuhtimine
Kuressaare	2012	–	Ehituskeeluvööndi vähendamine ja suurendamine
Kärdla	2012	–	Seatud tingimused üleujutusriskiga aladel ehitamiseks
Paide	2002	–	–
Maardu	2008	–	–

Linn	Kehtestatud	Üldplaneeringus kajastatud	
		Kliima	Üleujutus
Tartu	2005	Mikrokliima parendamise meetmed	Ehituskeeluvööndi vähendamine/suurendamine
Võru	2009	–	Nenditud, et ehitus veekogude tulvaaladel on problemaatiline, esitatud ehituskeeluvööndil asuvate detailplaneeringut mitte vajavate ehitiste loend
Kohtla-Järve	2008	–	–

Sagenevate kuumalainetega üldplaneeringu tasandil seni otseselt ei ole tegeletud. Vaatamata sellele, leiab planeeringutes käsitlemist roheline võrgustiku teema, mis on ka üheks kuumasaarte leevendusmeetmeks. Samuti on üld- ja detailplaneeringutes määratud haljastuse osakaalu protsent. Paraku on siin protsendinumbrist olulisem haljastuse kvaliteet ning valitavad liigid – kõrghaljastus leevendab kuumalaine mõjusid oluliselt tõhusamalt kui madalhaljastus.

Detailplaneeringutes leiab kliimamuutuste teema käsitlemist erandlikel juhtudel ja harva. Üheks põhjuseks on väike planeeringuala, millele detailplaneeringut tavapäraselt koostatakse. Detailplaneeringute koostamisel kipuvad sageli hāgustuma ka üldisemate planeeringutega määratud strateegilised eesmärgid. Kahjuks esitatakse peamised ehituskeeluvööndi vähendamise taotlused just detailplaneeringutega (tabel 1, joonis 1).

Vaatamata asjaolule, et kliimamõjusid ja -riske planeeringutes otseselt ja süstemaatiliselt ei käsitleta, ei tähendada see seda, et kliimakohanemise meetmeid ruumilisel planeerimisel üldse ei rakendata. Planeeringutes väljenduvad need nn roheliste meetmetena, mis seisnevad roheline võrgustiku, rohealade ning ranna- ja kaldavööndite määramises. Nn sinised meetmed väljenduvad sademevee kanalisatsiooni planeerimise ning nn hallid meetmed hoonestusele ehitustingimuste seadmise jms kaudu. Nōnda ei ole probleemiks kliimateema mitteamistamine, vaid kliimakohanemise võimaluste vähene ja nõrk teadvustamine ühe või teise planeeringulahenduse koostamisel ja kehtestamisel.

## **Kuidas peaks kliimariske planeeringutes edaspidi käsitlema?**

Eestis on piisavalt õigusaktidest tulenevaid regulatsioone, mida järgides on planeeringute koostamisel kliimamuutustega kaasnevaid riske võimalik ennetada. Siia kuuluvad nii keskkonnamõju strateegilise hindamise kui riskianalüüsi tulemustega arvestamine planeeringute koostamisel. Looduskaitse seadus keskendub peamiselt küll ranna- ja kaldaalade loodusväärtuse säilitamisele, kuid ehituskeelu-, piirangu- ja veekaitsevööndi

määramine ning üleujutusala planeeringutes (peamiselt üldplaneeringutes) määratlemine võimaldab samuti kliimamuutustest tulenevaid mõjusid vähendada. Seega võib edaspidi tekkida vajadus õigusaktide täiendamiseks, kuid olulisem ülesanne on siiski õigusaktide tegelik sisustamine vastavalt kliimamuutustega kohanemise vajadustele ning seda just pikemaajalisi muutusi arvestavalt. Kuna riskid avalduvad konkreetsetel riskialadel, tuleb ka lahendusi otsida kohapõhiselt ja planeeringutega lahendada. Seega pigem sobivad õigusakte toetama juhised ja pilootprojektid, mis suunavad planeeringu koostajaid kliimamuutustega kohanevalt maakasutus- ja ehitustingimusi seadma. Üldiseid kliimamuutustega kohanemise eesmärke saab seada maakonnaplaneeringuga, kuid peamine kliimarisikade ennetamise ja maandamise planeeringutasand peaks olema üldplaneering. See omakorda raamistab detailplaneeringute koostamist või projekteerimistingimuste väljastamist.

Kliimamuutustega kaasneda võivate riskide lõikes on teemad jaotatud nelja suuresse gruppi, mille käsitlemine Eesti kontekstis oleks optimaalne: üleujutused, sademevesi, soojussaared, tuule kiiruse suurenemine (tabel 3). Oluline on rõhutada, et riskide maandamisega tegeletakse siiski ainult juhul, kui risk on piirkonnas olemas, mitte lausaliselt kõikides planeeringutes.

**Tabel 3.** Optimaalne planeeringutasand kliimarisikade maandamiseks. Ekspert hinnangud kogutud KATI projekti raames 28. aprillil 2015 läbi viidud seminaril.

<b>Risk</b>	<b>Maakonnaplaneering</b>	<b>Üldplaneering</b>	<b>Detailplaneering</b>
Üleujutus (korduv ja tulvad)	√	√	√
Sademevesi	√	√	√
Soojussaared	√	√	√
Tuule kiiruse suurenemine		√	

Üleujutuse teemat (sh tulvasid) peaks käsitlema kõikidel planeerimistasanditel. Maakonnaplaneeringus kajastatakse üldised põhimõtteid. Üld- ja detailplaneeringute puhul lähtutakse kohapõhisest riski maandamise vajadusest (probleemi iseloomust ja lahendamise võimalustest) ja vajadusel ehitusvööndit kas suurendatakse või vähendatakse. Viimase puhul on kindlasti rohkem vaja arvestada ajalooliste andmetega, et mõista üleujutuse ulatust ja selle tsükleid. Kui seni on lähtutud, eriti tiheasustusaladel, välja kujunenud ehitusjoonest ning selle alusel on tehtud ehituskeeluvööndi vähendamise otsuseid, eeldades, et üleujutusriskiga on eelnevalt arvestatud, siis edaspidi vajaks täpsemat hinnangut ka see, mis perioodil hoonestus on kujunenud.

Ehituskeeluvööndi vähendamine peaks toimuma pigem läbi üldplaneeringute, sest see võimaldab detailplaneeringutega võrreldes üleujutuse teemat terviklikumalt käsitleda. Rohkem tuleks kaaluda ka võimalust ehituskeeluvööndi suurendamiseks.

Sademevee käsitus maakonnaplaneeringus eeldab pigem teemale tähelepanu juhtimist kuna sellega tegeletakse pigem detailsemate planeeringute koostamisel – peamine rõhk on detailplaneeringul. Näiteks hoonete projekteerimisel võidakse kavandada süsteemid, kus sademevett kasutatakse nn „halli“ veena, mis kumuleerudes võib vähendada koormust sademevee süsteemile. Eelistada tuleks sademevee hajutamist haljasaladele, kraavide ja ojade avamist jms.

Soojussaarte tekke võimalustele peaks viitama maakonnaplaneeringus. Peamiselt lahendatakse probleem üld- ja detailplaneeringu tasandil läbi rohealade, näiteks kõrghaljastuse ja taimestiku kasutamine jahutusefekti saavutamiseks. Transporditaristu kujundamisel, näiteks parklate rajamisel on oluline neid liigendada ja nende osakaalu vähendada. Oluline on ka tehispindade veeläbilaskvuse tõstmine ja paremate soojusomadustega materjalide kasutamine. Viimaste rakendamine jääb pigem detailplaneeringu pärusmaaks. Unustada ei tohiks ka seda, et veekogude rajamine oluliselt soodustab jahutava keskkonna teket – kõige parema efektiga on liikuva veega veekogud.

Tuule kiiruse suurenemisega kaasnevate riskide maandamise meetmetega on otsustarbekas tegeleda üldplaneeringu koostamise käigus (nt kaitsemetsade määramine, hoonestuse laad linnades ja sellest tulenev ehitustingimuste seadmine, kõrguspiirangud jne).

## **Kokkuvõte**

Kokkuvõtteks võib öelda, et kliimamuutustega kohanemise meetmete kavandamisel tuleb silmas pidada, et probleemide lahendamine peab olema kohapõhine ja konkreetne. Seega tuleb ülejutustega tegeleda nendel aladel, kus võimalik risk on tõepoolest olemas, mitte lausaliselt üle Eesti. Sama kehtib ka teiste kliimariskide kohta – esmalt tuleb pühenduda aladele, kus on suur asustustihedus ja seega ka võimalikud kahjud ulatuslikumad või need puudutavad suuremat hulka inimesi.

Meetmed, mida soovitakse rakendada, peavad olema lihtsasti kasutatavad, näiteks kontroll-leht riskide tuvastamiseks, praktilised ja kohapõhised lahendused jne. Pigem tuleb kasutada olemasolevaid mehhanisme, näiteks keskkonnamõju strateegilise hindamise ja riskianalüüside läbiviimine ning pigem nende kvaliteeti parendada kui luua uusi regulatsioone. Oluline on see, et kliimamuutustega kohanemine ei tekitaks olulisel määral täiendavat koormust planeeringu koostajatele, vaid pigem kasutataks mõistlikult juba olemasolevaid haldussüsteeme. Igal juhul on ruumiline planeerimine instrument, mis aitab kliimamuutustega kohaneda ning talupojamõistusega riske vältida.



## **Kasutatud kirjandus**

- Lääne Maavalitsus (2005). Lääne maakonnaplaneeringu teemaplaneeringu „Asustust ja maakasutust suunavad keskkonningimused”. [http://laane.maavalitsus.ee/documents/182526/466529/Kehtestatud\\_teemaplaneering.pdf/67b7aa52-8dd6-4419-84a5-4a18baad766a?version=1.0](http://laane.maavalitsus.ee/documents/182526/466529/Kehtestatud_teemaplaneering.pdf/67b7aa52-8dd6-4419-84a5-4a18baad766a?version=1.0)
- Noarootsi Vallavalitsus (2005). Noarootsi valla rannaalade teemaplaneering. <http://noarootsi.kovtp.ee/rannaalade-teemaplaneering>
- Pärnu Linnavalitsus (2014). Pärnu linna üldplaneering aastani 2025. [http://www.parnu.ee/fileadmin/user\\_upload/areng/YP2025/Seletuskiri\\_2\\_05.pdf](http://www.parnu.ee/fileadmin/user_upload/areng/YP2025/Seletuskiri_2_05.pdf)
- Riigi Teataja (2004). Ranna ja kalda kaitse seadus (RT I 2004, 38, 258). <https://www.riigiteataja.ee/akt/752475>
- Siseministeerium (2013). Üleriigilise planeering Eesti 2030+. <https://eesti2030.files.wordpress.com/2014/07/eesti2030.pdf>
- Tartu Linnavolikogu (2005). Tartu linna üldplaneering, Tartu 2005, lk 68–69. [http://info.raad.tartu.ee/webaktid.nsf/fc7763c017c9f110c22568cd004625d4/e7a3dae09313097bc2257d710030fda2/\\$FILE/seletuskiri.pdf](http://info.raad.tartu.ee/webaktid.nsf/fc7763c017c9f110c22568cd004625d4/e7a3dae09313097bc2257d710030fda2/$FILE/seletuskiri.pdf)
- Vabariigi Valitsus (2013). Vabariigi Valitsuse 18.07.2013 korralduse nr 337 punkti 5 juurde kuuluvad lähteseisukohad maakonnaplaneeringute koostamiseks. [https://eesti2030.files.wordpress.com/2014/11/lisk\\_mkp\\_koostamiseks\\_2013.pdf](https://eesti2030.files.wordpress.com/2014/11/lisk_mkp_koostamiseks_2013.pdf)

## **Üleujutusriskide hindamine kliimamuutuste mõjude kontekstis**

Ants Tammepuu ja Jaan Tross

Sisekaitseakadeemia päästekolledž

Seoses kliimamuutustega tuleb järjest enam arvestada sagenevate äärmuslike ilmastikuoludega ja olla valmis õnnetusteks ning nende tagajärgede haldamiseks (Siseministeerium, 2015). Vabariigi Valitsuse 25. aprilli 2013. aasta korraldusega (Vabariigi Valitsus, 2013) on kirjeldatud 27 hädaolukorda, mille kohta koostatakse üleriigilisel ning vajadusel ka regionaalsel ja kohaliku omavalitsuse tasandil riskianalüüsid ning hädaolukorra lahendamise plaanid (Hädaolukorra seadus, 2009). Eesti kuues kliimaaruanne vaatlleb neist üheksat kliimamuutustega seotud hädaolukorda (Keskkonnaministeerium, 2013):

- 1) ulatuslik metsa- või maastikutulekahju;
- 2) üleujutus tiheasustusalal;
- 3) raskete tagajärgedega torm;
- 4) paljude kannatanutega õnnetus jää lagunemisel;
- 5) epideemia;
- 6) erakordselt külm ilm;
- 7) erakordselt kuum ilm;
- 8) massiline põgenike sissekäik riiki;
- 9) paljude Eesti elanike elu ja tervist ohustav sündmus välisriigis.

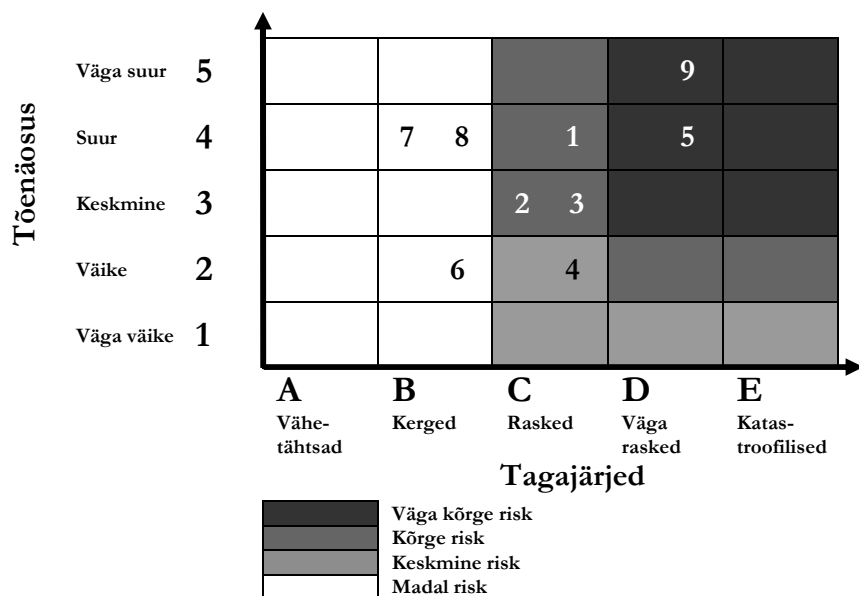
Joonisel 1 on näitlikult toodud kliimamuutustega seotud hädaolukordade riskihinnangud riskimaatriksil 2013. aasta hädaolukordade riskianalüüside kokkuvõtte alusel (Siseministeerium, 2013). Numbrid maatriksil ühtivad järjekorranumbritega loetelus.

Riskianalüüsis üldistatakse hädaolukorrast kogutud teave, sh statistilised andmed õnnetuse põhjuste, esinemissageduse, kahju jm oluliste näitajate kohta ning lisatakse kaardid hädaolukordadega seonduva ruumilise visualiseeritava teabega (Siseministeerium, 2013).

Järgnevalt analüüsitakse erinevaid lähenemisi üleujutusriskide hindamisel, mis tulid esile päästevõimekuse teema käsitlemisel projekti „Kliimamuutuste mõju hindamine ja kohanemismeetmete väljatöötamine planeeringute, maakasutuse, inimtervise ja päästevõimekuse teemas” ehk KATI teostamise käigus.

Üleujutused kuuluvad kliimamuutuste mõju aspektist olulise tähtsusega riskitüüpide hulka. Kliimamuutustega seotud õhutemperatuuri ja merevee taseme tõus pigem suurendavad ekstreemsete ilmatingimuste sagedust ning tõsidust ja seetõttu ka üleujutuste

riski (Cabinet Office, 2013). Üleujutuste riski muutumisele aitavad kliimamuutuse teguritest kaasa veel tugevate vihmasadude sagenemine, vähenev lumikate ja lume sulamine (Kundzewicz, 2014).



**Joonis 1.** Kliimamuutustega seotud hädaolukordade riskimaatriks.

Üleujutusriskide hindamise nõuded Eestis tulenevad erinevate õigusaktide sätetest, mistõttu on senises praktikas ilmnenud erinevad meetodilised lähenemised ja praktilised käsitlused (Tammepuu & Sepp, 2013). Esiteks tuleb üleujutuste riski hinnata Eesti siseriiklikust õigusruumist lähtuvalt. Kuna üleujutus tiheasustusalal on üks 27-st kirjeldatud hädaolukorrast, siis tuleb seda hinnata riiklikul ja vajadusel regionaalsel ning kohaliku omavalitsuse tasandil. Perioodil 2003–2008 toimus see hädaolukor-raks valmisoleku seaduse (2000) ja alates 2009. aastast hädaolukorra seaduse (2009) alusel. Teiseks on üleujutus üks vähestest hädaolukorra riskitüüpidest, mille kohta on olemas Euroopa Liidu direktiiv, mis nõuab üleujutuste riskide hindamist, kaardis-tamist ning maandamist (EÜ, 2007). Riski mõistel on maailmapraktikas hulgaliselt erinevaid tähendusi (Christensen *et al.*, 2003; Renn & Aven, 2009), kuid eelnevalt käsitletud aktidest lähtuvalt saab üleujutusriski vaadelda üleujutuse tõenäosuse ja taga-järje kombinatsioonina. Hädaolukorra seadusest tuleneva tiheasustuse üleujutuse ris-kianalüüsi juhtivasutus on päästeamet (Vabariigi Valitsus, 2015). Üleujutusdirektiivist tulenevate nõuete täitmise eest vastutab keskkonnaministeerium (Veeseadus, 1994; Keskkonnaministeerium, 2011).

Üleriigiline hädaolukorra riskianalüüs käsitleb üleujutust tiheasustusalal, sõltumata sellest, kas tegemist on rannikul või sisemaal aset leidva sündmusega (Päästeamet, 2013). Üleujutus tiheasustusalal on hädaolukorrana määratletud järgmiselt: „üleujutus piirkonnas, kus ohtu satub paljude inimeste elu või tervis või mis põhjustab suure varalise kahju või tõsised ja ulatuslikud häired elutähtsa teenuse toimepidevuses (muu hulgas häired päästetöö toimimises, elektrivarustuse toimimises, veevarustuse ja kanalisatsiooni toimimises) või suure keskkonnakahju“. (Vabariigi Valitsus, 2013; Päästeamet, 2013). Riskianalüüsi metoodiliseks aluseks on hädaolukorra seaduse alusel siseministeeriumi poolt koostatud juhend, mille järgi tuuakse välja hädaolukordi põhjustavad ohud, hädaolukordade esinemise tõenäosus ja tagajärjed ning ennetus- ja leevendusmeetmed (Siseminister, 2010). Metoodika põhineb üldjoontes Ühendkuningriigi riskianalüüsi metoodikal (Cabinet Office, 2006; Tammepuu & Sepp, 2011). Tõenäosuse ja tagajärgede hindamine toimub viiepallise skaala abil, mis kombineeritakse riskimaatriksil (Siseminister, 2010). Tõenäosuse skaala tähistatakse Eesti praktikas numbritega (1–5) maatriksi vertikaalteljel ja tagajärgede skaala ladina tähestiku esitähtedega (A–E) horisontaalteljel. Tagajärjed hinnatakse eraldi nii inimese elule ja tervisele kui keskkonnale, varale ja elutähtsate teenuste toimepidevusele. Riskimaatriks on jaotatud neljaks riskitasemeks (madal, keskmine, kõrge, väga kõrge), mis ligikaudu ühtivad Suurbritannia eeskujuga (Cabinet Office, 2006; Siseminister, 2010; Tammepuu & Sepp, 2011). Hädaolukorra seaduses ja selle alusel kehtestatud õigusaktides riski definitsioon küll puudub, kuid metoodikast tulenevalt oleks loogiline käsitleda (üleujutus tiheasustusalal) riski (vastava hädaolukorra) tõenäosuse ja tagajärje kombinatsioonina.

Üleujutusdirektiiv (EÜ, 2007) määratleb üleujutusriski järgmiselt: „üleujutuse tõenäosus koos üleujutuse võimalike kahjulike tagajärgedega inimeste tervisele, keskkonnale, kultuuripärandile ja majandustegevusele“. Selles määratluses käsitletakse üleujutusriski samuti tõenäosuse ja tagajärgede kombinatsioonina. Üleujutusdirektiivist lähtuvad kohustused on veeseaduses (Veeseadus, 1994) pandud keskkonnaministeeriumile. Veeseaduses on kasutusel mõiste „üleujutusohuga seotud risk“, mis on defineeritud kui „üleujutuse esinemise tõenäosus koos üleujutusest inimese tervisele, varale, keskkonnale, kultuuripärandile ja majandustegevusele põhjustatud võimalike tagajärgedega“ – seega võrdlemisi sarnane direktiivis leiduva üleujutusriski definitsiooniga. Direktiivi ja seaduse nõuetest tulenevalt tegi keskkonnaministeerium üleujutuste riskide esialgse hindamise. Ministeerium tegi kindlaks ja kaardistas võimalike üleujutuste põhitüübid Eestis ning 20 üleujutuste riskipiirkonda tiheasustusaladel (Keskkonnaministeerium, 2011). Üleujutuste riskide esialgse hindamise jaoks töötati välja oma hindamissüsteem, mis samuti arvestas tõenäosust ja tagajärgi, kuid kriteeriumid erinesid oluliselt hädaolukorra riskianalüüsi omadest. Nii näiteks soovitati üleujutused jaotada esinemistõenäosuse järgi kolme kategooriasse: väike, keskmine ja suur. Tagajärgede hindamiseks kehtestati seitse erinevat tingimuste tüüpi, mille esinemist hinnati kahendsüsteemis: jah/ei (Keskkonnaministeerium, 2011). Kolm aastat hiljem avaldati riskipiirkondade põhjalikumad kaardid, kus toodi veetasemete

tõenäolised tõusud 10, 50, 100 ja 1000 aasta pärast ning võimalike kahjulike tagajärgede kirjeldused. Üleujutusohupiirkonna kaartidel leiduvad stsenaariumite lõikes järgmised andmed: üleujutuse ulatus, veetase ja vooluveekogude korral ka vastav vooluhulk (Keskkonnaministeerium, 2014). Praeguseks on koostatud maandamiskavad üleujutusohuga riskide jaoks kolme vesikonna lõikes (Keskkonnaministeerium, 2015).

Seoses kliimamuutuste mõjuga on jätkuvalt probleemiks üleujutusriskide pikaajaliste prognooside täpsus ja usaldusväärsus. Sellest tulenevalt on tähtis sama tüüpi riskide erinevate hinnangute järjepidevuse ja ühilduvuse tagamine. Keskkonnaministeerium pakkus KATI ja teiste kliimamuutuste mõju hindamise ja meetmete kavandamisega seotud projektide jaoks välja lihtsa mõju-riskide hindamise metoodika. Selle metoodika järgi tuuakse tuleviku kliimaststsenaariumite raames riskidena välja sündmused, mida iseloomustatakse kolme-palli-skaalal tõenäosuse ja majandusliku mõju alusel. Erinevalt eelkirjeldatud hindamismudelitest tuuakse siin ära ka mõju suund (+/-) ja mõju valdkonnale (otsene/kaudne). KATI projekti päästevõimekuse töörühm kasutas kliimamuutuste mõjude hindamise alusena olemasolevat 2013. aasta tiheasustusalal üleujutuse hädaolukorra riskianalüüsi, võrreldes seda võimalike tulevikukliima stsenaariumitega. Praktilise hindamise käigus määratleti tinglikud vastavused kahe hindamissüsteemi tõenäosuste ja tagajärgede kriteeriumite vahel. Hädaolukordade riskide hindamise ja kliimamuutuste mõjude hindamise kriteeriumite võrdlus, mida kasutati ümberhindamise alusena, on toodud tabelis 1.

**Tabel 1.** Tõenäosuse ja tagajärgede hindamiskriteeriumite tinglikud vastavused.

Tõenäosus		Tagajärjed (mõjud)	
Hädaolukorra riskianalüüs	Kliimamuutuste mõjude hindamine	Hädaolukorra riskianalüüs	Kliimamuutuste mõjude hindamine
väga suur (5)	kõrge	katastroofilised (E)	suur
suur (4)		väga rasked (D)	
<u>keskmise (3)</u>	<u>keskmise</u>	<u>rasked (C)</u>	<u>keskmise</u>
väike (2)	madal	kerged (B)	väike
väga väike (1)		vähetahtsad (A)	

Kui üleriigiline hädaolukorra riskianalüüs hindas üleujutusriski tiheasustusalal keskmise (3) tõenäosuse ja raskete (C) tagajärgedega, siis kliimamuutuste mõjude hindamise kriteeriumitest lähtuvalt tulid analoogilise sündmuse puhul nii tõenäosuse kui tagajärgede hinnangud keskmised. Hindamisel kasutatud vastavused on tabelis allajoonituna esile toodud.

Eelnevat arvesse võttes määratles päästevõimekuse töörühm ühe edasise prioriteetse uurimisvajadusena üleujutuste riskide hindamise ja meetmete kavandamise integreeritud käsitluse, mis terviklikult arvestaks seniste uuringute, riskihinnangute ja arendustööde tulemusi. See eeldaks päästeameti ja keskkonnaministeeriumi märksa koordineerimat koostööd erinevate käsitluste seostamiseks ja selle baasil uute ühiste põhimõtete väljatöötamist. Ametkonnad peavad kokku leppima, kuidas võiks keskkonnaministeeriumi poolt või eestvedamisel teostatud tööd täiendada ja täpsustada hädaolukorra riskianalüüsi ning võib-olla ka vastupidi. Selle tulemusena saame Eestis üleujutusriskidest ja ebasoovitavate tagajärgede vältimise või leevendamise võimalustest parema ning seostatuma tervikpildi.

## **Kasutatud kirjandus**

- Aven, T. & Renn, O. (2009). On risk defined as an event where the outcome is uncertain. *Journal of Risk Research*, 12, 1, 1–11.
- Cabinet Office (2006). Guidance on part 1 of the Civil Contingencies Act 2004, its associated regulations and non-statutory arrangements. Chapter 4 Local responder risk assessment duty. [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/61027/Chapter-4-Local\\_20Responder-Risk-assessment-duty-revised-March.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/61027/Chapter-4-Local_20Responder-Risk-assessment-duty-revised-March.pdf).
- Cabinet Office (2013). National Risk Register of Civil Emergencies – 2013 edition. [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/211867/NationalRiskRegister2013\\_amended.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/211867/NationalRiskRegister2013_amended.pdf) (26.07.2013).
- Christensen, F. M., Andersen, O., Duijm, N. J. & Harremoës, P. (2003). Risk terminology – a platform for common understanding and better communication. *Journal of Hazardous Materials*, A103, 181–203.
- EÜ (2007). Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2007/60/EÜ, 23. oktoober 2007, üleujutusriski hindamise ja maandamise kohta. Euroopa Liidu Teataja L 288/27, 6.11.2007. <http://www.envir.ee/sites/default/files/yleujutusedirektiiv.pdf> (05.11.2007).
- Hädaolukorraks valmisoleku seadus (2000). RT I 2000, 95, 613. <https://www.riigiteataja.ee/akt/965540>
- Hädaolukorra seadus (2009). RT I 2009, 39, 262. <https://www.riigiteataja.ee/akt/116122014014> (01.01.2015).
- Keskkonnaministeerium (2011). Üleujutusohuga seotud riskide esialgse hinnangu aruanne. <http://www.envir.ee/sites/default/files/yleujutusohuesialgne hinnang.pdf> (17.11.2012).
- Keskkonnaministeerium (2013). Eesti kuues kliimaaruanne ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni elluviimise kohta. [http://www.envir.ee/sites/default/files/elfinder/article\\_files/kliimaaruanne\\_et.pdf](http://www.envir.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/kliimaaruanne_et.pdf) (11.04.2014).
- Keskkonnaministeerium (2014). Üleujutusohupiirkonna ja üleujutusohuga seotud riskipiirkonna kaardid. <http://www.envir.ee/sites/default/files/kokkuvote.pdf> (19.11.2014).
- Keskkonnaministeerium (2015). Üleujutusohuga seotud riskide maandamiskavad. <http://www.envir.ee/et/uleujutusohuga-seotud-riskide-maandamiskavad>.
- Kundzewicz, Z. W. (2014). Adapting flood preparedness tools to changing flood risk conditions: the situation in Poland. *Oceanologia*, 56 (2), 385–407.
- Päästeamet (2013). Hädaolukorra riskianalüüs: üleujutus tiheasustusalal. <http://www.paasteamet.ee/dotAsset/3d49a9ef-e601-4acc-8df8-9d35fbb8653a.pdf> (11.07.2013).

- Siseminister (2010). Hädaolukorra riskianalüüsi koostamise juhend. RTL 2010, 8, 145. <https://www.riigiteataja.ee/akt/125112010010>.
- Siseministeerium (2013). 2013. aasta hädaolukordade riskianalüüside kokkuvõte [https://www.siseministeerium.ee/public/Riskianalyys\\_kokkuvote\\_2013.pdf](https://www.siseministeerium.ee/public/Riskianalyys_kokkuvote_2013.pdf) (14.11.2013).
- Siseministeerium (2015). Siseturvalisuse arengukava 2015–2020 eelnõu. [http://www.riigikogu.ee/?op=ems&page=muu\\_kysimus&eid=afd39cd6-d6e5-4077-bb21-41645e6d304d&](http://www.riigikogu.ee/?op=ems&page=muu_kysimus&eid=afd39cd6-d6e5-4077-bb21-41645e6d304d&) (18.02.2015).
- Tammepuu, A. & Sepp, K. (2011). National emergency risk assessments: comparative study of Estonia and the UK. Brebbia C.A., Zubir, S.S. (eds.). Management of Natural Resources, Sustainable Development and Ecological Hazards III. WIT Transactions on Ecology and the Environment, Volume 148. Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton: Wessex Institute of Technology Press, 633–644.
- Tammepuu, A. & Sepp, K. (2013). Emergency risk assessment: the Estonian approach. Journal of Risk Research, 16(2), 169–193.
- Vabariigi Valitsus (2013). Nende hädaolukordade nimekiri, mille kohta koostatakse riskianalüüs ja lahendamise plaan, ning hädaolukorra riskianalüüsi ja hädaolukorra lahendamise plaani koostamiseks pädevate täidesaatva riigivõimu asutuste määramine. RT III, 30.04.2013, 16. <https://www.riigiteataja.ee/akt/330042013016> (25.04.2013).
- Veeseadus (1994). RT I 1994, 40, 655. <https://www.riigiteataja.ee/akt/108072014023> (01.08.2014).

## Haldussüsteemi kohanemine kliimamuutustega kaasnevate terviseprobleemidega

Kati Orru<sup>1</sup> ja Mari Tillmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tartu Ülikooli ühiskonnateaduste instituut

<sup>2</sup>Politsei- ja Piirivalveamet

### Sissejuhatus

Kliimamuutustega kaasnevad mõjud inimeste tervisele on proovikiviks nii tervishoiusüsteemile, päästevõimekusele, sotsiaalhoolekandele kui ka riigihalduse strateegilisele planeerimisele laiemalt. Probleemi tulevikku suunatuse ja määramatuse tõttu on otsustajatel keeruline hinnata sekkumise vajadust ning meetmeid valida (Burton *et al.*, 2013). Otsustada tuleb, kui suur on üksikisiku vastutus ja mil määral sekkub riik. Mil määral pühenduda paljuski määramatute ja tõenäosuslike terviseohtude ennetamisele, kui palju ressursse panustada valmisolekule akuutsete kriiside lahendamiseks?

Kliimamuutuste tervisemõjudega tegelemine nõuab eri valdkondade haldusstruktuuride ja -kultuuride kokku sobitamist. Kui valdkonna piires tullakse hästi toime, siis sellistes komplekssetes, ametkonnaülestes töösuundades sõltub palju sellest, kas ja kuivõrd suudetakse ülesandeid jagada, et ei tekiks vastutusvaakumit, et ekspertiisi ja tehnilist ressursi optimaalselt rakendada. Tõhusate kohanemispoliitikate väljatöötamiseks on oluline hinnata, millised asjaolud on tinginud tänase valmisoleku kliimamuutuste tervisemõjudega toimetulemiseks. Artikli eesmärk ongi selgitada, milline on valmisolek Eestis kliimamuutuste tervisemõjudega toime tulla ja millised tegurid selle olukorra tinginud on.

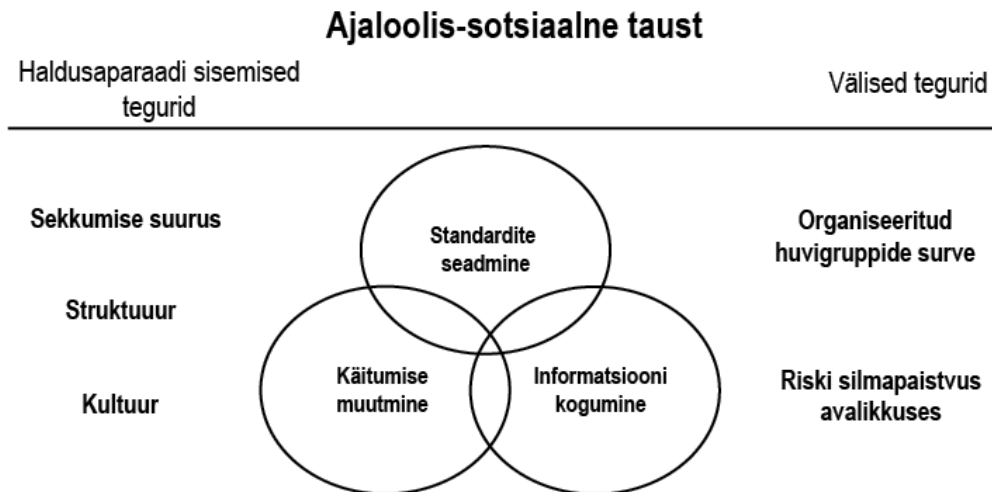
Artikli andmed koguti 2015. aasta kevadel, mil Eesti riigi kliimamuutuste mõjude poolt haavatavuse vähendamise strateegia koostamine ja selle alusuuringud olid alles algusjärgus (Keskkonnaministeerium, 2015). 2015. aasta sügiseks on käesoleva analüüsi koostajatele ja paljudele intervjueeritutele esmakordselt kättesaadavad andmed kliimamuutuste ja nende tervisemõjude kohta Eestis. Näiteks võib kuumalainete sagenemine pessimistlikuma, RCP8.5 stsenaariumi järgi praeguse Eesti rahvastiku ja suremuse määra juures 21. sajandi lõpuks lisada enam kui 1000 varajast surma aastas (Orru *et al.*, 2015). Halveneda võivad õhusaaste hajumistingimused ja suurenenud metsatulekahjude risk, kuumalainete ajal võib intensiivistuda maapinnalähedase osooni teke, õietolmu hooaeg võib pikeneda ning lisanduda uusi allergeene (Giorgi & Torma, 2015; Hamaoui-Laguel *et al.*, 2015). Paduvihmade ja üleujutuste ajal võib langeda joogivee kvaliteet (pinnavett kasutavates veevärkides), kui juhtub, et parasiidid



kantakse joogivette (Tornevi *et al.*, 2013). Ekspertide hinnangul (Semenza *et al.*, 2012) võiks Eestis tulevikus kliimamuutused mõjutada leismanioosi, hantaviiruse, puuk-entsefaliidi, tulareemia ja dengue-palaviku levikut. Kliimamuutused võivad tekitada ka kõrgemaid UV-kiirguse tasemeid (O'Hagan *et al.*, 2012), mis suurendab nahavähi riski. Ekstreemsete ilmaolude, tormide ja paduvihmade sagenemisega kaasneb füüsiline oht. Kliimamuutustega kaasnev jäätapäevade arvu suurenemine ja kuumaperioodide pikenemine ohustavad vanurite ja krooniliselt haigete eneseteenindusvõimet. Lisaks otsesele arstiabile ja päästevõimekusele on negatiivsete tervise mõjude vähendamiseks vajalik täiendada nii sotsiaalhoolekannet kui ka mitteametlikke tugivõrgustikke.

### Kuidas haldussüsteem kohaneb?

Artikkel käsitleb kliimamuutustega kaasnevate tervise mõjudega kohanemist riskihalduse perspektiivist. Kasutatud on Christopher Hoodi ja kolleegide (2001) loodud raamistikku, et süstemaatiliselt analüüsida poliitika eesmärkide ja standardite seadmist seadusandluses, info kogumise- ja jälgimisprotseduure ning rakendus- ja jõustamismeetmeid (joonis 1). See raamistik võimaldab hinnata, milline on riskihalduse seadmise toimimise, sh haldusstruktuuri, -kultuuri ja võimekuse ning väliste survetegurite (avalikkuse ja huvigruppide huvi) mõju kliimamuutuste tervise mõjudega kohanemisele. Lähtudes kirjeldatud raamistikust, esitame alljärgnevalt lühiülevaate teiste maade kohanemiskogemustest.



**Joonis 1.** Riskihalduse toimimine (kohandatud Hood *et al.* (2001) järgi).

Ühed esimesed riiklikud strateegiad kliimamuutuste ja kaasnevate tervisemõjudega toimetulemiseks koostati Soomes 2005. ja Rootsis 2007. aastal. Tänapäevaks on tulenevalt Euroopa Liidu kliimamuutustega kohanemise strateegiast (KOM, 2009) enamikus Euroopa riikides vastav dokument järgimisel, ent vähestel riikidel on välja töötatud täpsemad määrad ja rakendusplaanid terviseprobleemidega toime tulemiseks ning ametkondade ja tervishoiusüsteemi kohandamiseks. Saksamaa ja Suurbritannia, aga ka Rootsi ja Belgia on koostanud kliimamuutustega kohanemise rakendusplaanid, seda nii riigi kui regiooni tasandil (Goodsite *et al.*, 2013; Biesbroek *et al.*, 2013). Vaid mõnedel riikidel on olemas valdkondlikud tegevusplaanid ning juhendmaterjalid meetmete rakendamiseks. Näiteks on Saksamaa välja töötanud tegevusjuhendid ametnikele ja teistele seotud isikutele kliimamuutustest tingitud tervisemõjude mõistmiseks ning nendega toimetulemiseks (Robert Koch Institut und Umweltbundesamt, 2013).

Info kogumine ning olukorra jälgimine annab olulist alusteavet õigeaegseks reageerimiseks ning käitumise muutmiseks, aga ka uute eesmärkide seadmiseks ja seadusandluse muutmiseks. Euroopa maade kogemused (Robert Koch Institut und Umweltbundesamt, 2013) osutavad vajadusele ühtse keskkonna- ning tervisemonitooringu süsteemi järele, mille abil saaks jälgida terviseseisundit mõjutavaid keskkonnategureid. Selline süsteem võimaldaks selgitada ja ka prognoosida keskkonnategurite mõjusid haigestumisele.

Rakendusmeetmetena on Euroopas seni enam keskendutud teadlikkuse tõstmisele, nt allergiahooaja pikenemisest, ja hoiatamisele, nt kõrge UV-kiirguse perioodidest. Pärast hoiatussüsteemide sisseviimist osutavad Kovats ja Hajat (2008) oma USA uurimuses ning Fouillet (2008) Prantsusmaa näitel inimeste haavatavuse olulisele vähenemisele kõrgete temperatuuride suhtes. Lisaks hoiatussüsteemidele on nii Taani kui Rootsi loonud kliimamuutustega kohanemiseks infotelefonid kui ka veebikeskkonna, kuhu on koondatud info kohanemisega seotud teemadest (Biesbroek *et al.*, 2010).

Olemasolevaid terviseohutusprogramme on kritiseeritud liigse teabekesksuse pärast (vt nt Vihalemm *et al.*, 2015). Tervisekäitumise nõuannete järgimiseks on lisaks motivatsioonile vaja ka oskuseid ja toetavaid võimalusi. Toetavat elukorraldust ja infrastruktuuri saab luua teadlikult planeerides, rajades muu hulgas võimalusi varjumiseks, jahutuseks kuumadel päevadel ning säilitades vett-juhtivat pinnast tulvavetega toime tulemiseks (Demuzere *et al.*, 2014).

*Mis mõjutavad seadusloome, jälgimissüsteemide ja rakendusmeetmete kohandamist kliimamuutuste tervisemõjudega?*

Tegureid, mis määravad tervisemõjudega kohanemise, võib jagada riigihalduse siseteks teguriteks nagu haldusstruktuur ja -võimekus, ning välismõjuriteks, sealhulgas huvigruppide ja avalikkuse surve. Riskihalduses on oluline leida tasakaal riigipoolse sekkumise ning turu isereguleerimise, sealhulgas indiviidide vastutuse vahel (Oru & Rothstein, 2015). Eristatakse autonoomset kohanemist, mis tugineb üksikisikute,

leibkondade või ettevõtete motivatsioonile, ja korraldatud kohanemist, mis on strateegilise planeerimise ja rakendamise tulemus (Osberghaus *et al.*, 2010).

Riskihaldust iseloomustab selle reaktiivsus või pikaajalisem ettevaatavus. Näiteks võidakse erakordsete tormide või kuumalainete järel keskenduda päevapoliitiliselt tähelepanu keskmesse sattunud hädaolukordadele, jättes tähelepanuta pikemaajalised mõjud (Knaggård, 2014). Ka poliitilised lepped seavad ametnikele tegutsemiseks ajaraamid, kuigi mõjudega kohanemine nõuab pikemaajalise perspektiiviga arvestamist.

Kuna kliimamuutustega kohanemine haarab endasse riiklikul tasandil pea kõiki tegevusvaldkondi, peetakse kohanemispoliitika kujundamisel otsustavateks mitmetasandilisi institutsioone ja inimesi ühendavaid võrgustikke (Bowen *et al.*, 2013). Näiteks Saksamaal on rakendusplaanid välja töötatud koostöös terviseministreriumi ning keskkonna-, loodushoiu- ja tuumaohutuse ministreriumi (Robert Koch Institut und Umweltbundesamt, 2013). Prantsusmaal on tervisemõjudega kohanemise probleemina välja toodud sotsiaalsete ja terviseteenuste koordineerimise puudumist (Fouillet, 2008).

Haldussuutlikkuse all peetakse antud uurimuses silmas riigi majanduslikku võimekust ning tehnilist valmisolekut, samuti inimressursi pädevust ja piisavust, mis võivad mõjutada kohanemispoliitika väljatöötamist ja rakendamist. Riskihalduse üheks oluliseks mõjuriks on ka rahaliste ressursside ning vahendite olemasolu. Rahaliste vahendite puudumist uuringute läbiviimiseks ning uute tehnoloogiate arendamiseks loetakse oluliseks tõkkeks kliimamuutustega võitlemisel (Haines, 2012). Euroopa Liidu poolt rahastatavad projektid pakuvad kliimamuutuste mõjudega kohanemiseks finantsstiimulit (Runhaar *et al.*, 2012).

Üheks oluliseks mõjuriks kliimamuutustega kohanemise poliitika kujundamisel on kindlasti rahvusvaheline poliitika ja selle surve. Euroopa Liidu ja liikmesriikide keskkonna- ja tervisepoliitikad on tugevasti integreeritud, ent on täheldatud, et just eesrindlike naaberriikide lähedus suunab EL-i liikmesriike kliimamuutuste leevendamispoliitikat karmistama (Tompkins & Amundsen, 2008; Biesenbender & Tosun, 2014).

Analüüsides **riigiaparaadi väliseid mõjureid**, on oluline vaadata, kuidas seadusloome ja järelevalve peegeldavad avalikkuse ja organiseerunud huvigruppide huve. Üldiselt on kliimamuutustega seonduv inimeste jaoks raskesti mõistetav ja psühholoogiliselt kauge (Spence *et al.*, 2012). Kohanemine, mis nõuab suuri investeeringuid, saab tihti tõuke erakordsetest ilmastikusündmustest. Need sündmused aitavad tavainimestel kliimamuutuste olemasolu teadvustada, tekitades omakorda poliitikutele surve tegutseda (Adger *et al.*, 2005).

Vastavalt huvide koondumisele ja tugevusele võivad vabaühendused, ettevõtjad või ka teadlaskond riskihaldust mõjutada (Hood *et al.*, 2001). Endistes kommunistlikes riikides, nagu seda on ka Eesti, on vabaühenduste roll riiklike regulatsioonide väljatöötamisel ning rakendamisel olnud tagasihoidlik (Sissenich, 2010). Teaduslike *tõendite vähesus tervisemõjude ilmnemise ja mõju suuna kohta vähendab aga teadlaste usaldusväärsus tervisemõjudega kohanemise poliitika kujundajatena* (Wardekker, 2012). Viimasel kümnendil on koostöö teadlaste ning poliitikute vahel Euroopas tihenenu

(Biesbroek *et al.*, 2009) – näiteks on Saksamaa Keskkonnateenistuse juurde loodud kompetentsikeskus KomPass, Suurbritannias Oxfordi Ülikooli juurde loodud kliimamõjude programm. Need kompetentsikeskused koondavad eri valdkonna teadlasi (keskkonnamuutuste, tervisemõjude, sotsiaalsete muutuste ja sotsiaaltöö eksperdid), et anda integreeritud sisend poliitika kujundamisse.

## **Metodoloogia**

Analüüsi eesmärk oli selgitada valmisolekut kliimamuutustega kaasnevate tervisemõjudega toime tulemiseks ja kuivõrd mõjutavad eeltoodud haldusraamistiku sisesed tegurid ning välised jõud kohanemistegevusi. Esmalt uuriti selleks erinevaid Eesti seaduseid, määruseid, strateegilisi dokumente nagu tegevuskavad, arengukavad, aga ka nende rakendusplaanid ning riskianalüüse. Lisaks viidi läbi 19 poolstruktureeritud intervjuud erinevate võtmeeksperptidega, kes on seotud kliima tervisemõjude haldamisega Eestis: poliitika kujundajatest elluvijateni, teadlastest sotsiaaltöötajateni. Intervjuudes uuriti, millisenä nähakse tervishoiusüsteemi ja pääste võimekust, kuidas hinnatakse meetmete toimumist ning millisenä nähakse erinevate mõjurite olulisust. Alljärgnev ülevaade toob välja analüüsis selgunud olulisemad väljakutsed kliimamuutuste tervisemõjudega kohanemisel ning neid tinginud tegurid.

## **Tulemused**

Keskkonnatervise valdkond, mille alla kuuluvad ka kliimamuutuste tervisemõjud, on Eestis jaotatud mitme ministeeriumi ning nende allasutuste vahel. Põhifunktsioone keskkonnatervise valdkonnas täidavad sotsiaalministeerium, terviseamet ning Tervise Arengu Instituut (Terviseamet, 2015a). Keskkonnatervise poliitikat kavandab ja viib riik ellu järgides Rahvastiku Tervise Arengukava 2009–2020 (Sotsiaalministeerium, 2008), ent selles ei ole eraldi välja toodud kliimamuutusest tingitud terviseprobleemidega tegelemise vajadust. Tervishoiu valdkonnas ei ole ühtki strateegilist dokumenti ega seadust, mis nimetatud teemat käsitleks.

Kõige põhjalikumalt on kliimamuutustega kohanemise tervisemõjusid käsitletud Keskkonnaministeeriumi raamdokumentides „Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030“ ning „Eesti Keskkonnategevuskava aastateks 2007–2013“. Muu hulgas on välja toodud vajadus tõsta terviseriskide hindamise ning maandamise taset, spetsialistide ning elanikkonna teadlikkust väliskeskkonna terviseriskidest, keskkonnatervise spetsialistide ning õpetajate õppeprogrammide väljatöötamist ning mitmeid hädaolukordadega seotud aspekte (Keskkonnaministeerium, 2007a; 2007b).

Kliimamuutuste tervisemõjudega toimetulek on tihedalt seotud hädaolukordade lahendamisega, mida korraldab siseministeerium. Eestis reguleerib potentsiaalselt tervisemõju omavate hädaolukordade nagu erakordselt kuum ning külm ilm, torm,

ulatuslik metsa- ning maastikutulekahju, üleujutus tiheasutusalal ja epideemia lahendamist hädaolukorraseadus (HOS) (RT I, 2009, 39). „Siseturvalisuse arengukava 2015–2020“ (Siseministeerium, 2015a) kohaselt on riigi eesmärgiks tagada valmisolek kliimamuutuste tagajärjel sagenevate äärmuslike ilmastikuolude tagajärjel tekkinud õnnetusteks (tormid, erakordselt külmad või kuumad ilmad, üleujutused, metsatulekahjud jm) ja nende tagajärgede likvideerimiseks.

Strateegiate tasandil tegeletakse kliimamuutuste tervisemõjudega põhiliselt keskkonna- ja sisejulgeoleku valdkonnas. Ükski konkreetsem määrus kliimamuutuste tervisemõjude probleemiga ei tegele. Intervjuud näitavad, et vajadust sellega eraldi tegelemiseks ka ei nähta. Nii tervishoiu, keskkonnatervise kui päästevaldkonna puhul leiti, et valdkond on piisavalt hästi reguleeritud seaduste ning strateegiliste dokumentidega, ent puudujäägid ilmnevad pigem muudes sfäärides. Siseministeeriumi ametniku (29.04.2015) väljendus: „*Õiguslikult on kõik paigas, kui midagi peaks vajama muutmist, siis pigem töökorralduslik pool.*“

### *Info kogumine ning olukorra jälgimine*

Tervisemõjude hindamise eeltingimuseks on täpsed ilma-, UV-kiirguse, maapinnalähedase osooni ning mereveetaseme prognoosid ning joogivee ja õhu kvaliteedi (sh erinevad saasteained ning õietolm) pidev seire. Ilmastikuolude jälgimine ja prognoosimine on jagatud erinevate asutuste vahele. Riigi ilmateenistuse kasutuses on Euroopa riikide ühine HIRLAM prognoosimudel (Riigi Ilmateenistus, 2015a). Lisaks on Eesti ühinenud Euroopa ilmahoiatussüsteemiga Meteoalarm (hoiatused 48 tunniks), Läänemere operatiivse prognoosimudelite süsteemiga HIROMB merevee taseme ja temperatuuri kohta. Prognooside andmed kuvatakse riigi ilmateenistuse veebis ning uuendatakse kord päevas (MSI, 2008). Riigi ilmateenistus korraldab ka UV-kiirguse mõõtmist neljas jaamas üle Eesti, mille tulemused avalikustatakse kodulehel (Riigi Ilmateenistus, 2015b).

Riiklikku järelevalvet ja avalikustamist joogi- ning suplusvee kvaliteedi osas teostab Eestis terviseamet (RT I, 1995, 57, 978, Rahvatervise seadus). Nakkushaiguste, sh siirutajate levitatavate haiguste seire ning ennetamise eest Eestis vastutab samuti terviseamet. Allergiaid tekitavate õietolmuosakeste sisaldust õhus mõõdetakse Eesti Õhukvaliteedi Juhtimissüsteemi poolt viies suurimas linnas ning tulemused kuvatakse Eesti Keskkonnauuringute Keskuse seireveebis (Eesti Õhukvaliteedi..., 2015). Mõõtmine ei ole aga pidev. Potentsiaalsete haigustekitajate nagu näiteks siirutajate ning õhus sisalduvate hallitusseente levikuala kaardistamisega ja uute potentsiaalsete haiguste jälgimisega praegu ei tegeleta. Ka kliimamuutustest oluliselt mõjutatud sisekliimat praegu ei seirata.

Aastatel 2013–2015 tegutses terviseameti koosseisus Euroopa Liidu struktuuri vahendite toel Keskkonnatervise Uuringute Keskus. Keskuse üheks eesmärgiks oli koondada terviseameti, statistikaameti, keskkonnaagentuuri, Eesti Keskkonnauuringute Keskuse poolt kogutud seire- ja muude olemasolevate andmebaaside andmeid, et

analüüsida seoseid haigestumuse ning keskkonnategurite vahel. Teiseks pidi keskus korraldama riskihindamist ja tervisemõjude analüüside läbiviimist ning koostama tõenduspõhiseid keskkonnatervise poliitikaettepanekuid (Terviseamet, 2015b). Ent tänaseks on keskuse töö vahendite puuduse tõttu katkenud.

Ka „Siseturvalisuse arengukavas 2015–2020“ (Siseministeerium, 2015a) on olulise probleemina nimetatud, et riigil puudub ühine elutähtsate teenuste toimepidevuse ning elukeskkonda mõjutavate nähtuste ja sündmuste seire- ja analüüsikeskkond, mistõttu ei ole võimalik piisavalt varakult prognoosida suurenevat abi vajadust. Arengukavas on järgmise viie aasta eesmärgina toodud infotehnoloogilise lahenduse loomine, et koondada ja töödelda reaalarajas seiratavaid andmeid elutähtsate teenuste toimepidevuse ning elukeskkonda mõjutavate nähtuste ja sündmuste kohta (nt ilm, kiirgus, veetase jms).

Hädaolukordade nagu raskete tagajärgedega torm, üleujutus tiheasustusalal, ulatuslik metsa- ja maastikutulekahju, erakordselt külm ning kuum ilm ja epideemia osas koostavad päästeamet ja terviseamet riskianalüüsi (RT III, 30.04.2013, 16). Enamikus neist ei ole sündmuse tõenäosuse ja mõjude suuruse hindamisel arvestatud kliimamuutustega. Siseturvalisuse arengukava kohaselt on kavas parandada hädaolukorra riskianalüüside kvaliteeti, et senisest tõhusamalt teadvustataks riske strateegilisel tasandil ning viidaks ellu vajalikke tegevusi puuduste kõrvaldamiseks (Siseministeerium, 2015a). Ka siseministeeriumi ametnik tõi intervjuus välja vajaduse tõhustada riskianalüüside koostamist (29.04.2015): „*Tahaksime luua olukorra, kus riskianalüüside aktualiseerimine käib veel tihedamini, vastavalt vajadusele, ehk kui vajadus tekib sagedamini kui kahe aasta tagant, siis seda ka tehakse.*“

Kokkuvõtvalt võib öelda, et kliima- ja ilmastikuparameetrite jälgimine üksikosadena on küll korraldatud, kuid on killustunud eri asutuste vahel ning mõned olulised parameetrid nagu siirutajate levik ja sisekliima on jälgimise alt väljas. Killustumus takistab kliimamuutuste tervisemõjude integreeritud hindamist. Riskianalüüside kvaliteeti, sealhulgas hädaolukordade tervisemõjude hindamise sisukust ja tõenduspõhisust seatakse kahtluse alla.

### *Rakendusplaanid*

Hädaolukordade lahendamise plaaniga täpsustatakse hädaolukorra lahendamise juhtimisstruktuuri, osalevate asutuste ülesandeid, teabevahetust ja avalikkuse teavitamist (RT I, 2009, 39, 262). Hädaolukordade plaanid on olemas ulatusliku metsa- või maastikutulekahju, tormi, tiheasustusalal aset leidva üleujutuse ja epideemia puhuks (RT III, 30.04.2013, 16). Plaaniga on paika pandud, et terviseamet koordineerib vajadusel tervishoiuteenuse osutajate tegevust ning täiendavate ressursside kaasamist (Siseministeerium, 2013b), tervishoiuteenuse pakkujad aga tagavad kannatanutele vajalike tervishoiuteenuste osutamise (Siseministeerium, 2013c; 2013d). Koostatud ei ole kuuma ilma tagajärgedega toimetulemise plaani, samuti ei ole määratud hädaolukorda juhtivat asutust, mistõttu peab hädaolukorra lahendamisel iga ametkond

juhinduma oma pädevusest. Terviseameti nõrgendatud võimekust hädaolukordi juhtida tõi välja päästeameti esindaja (7.06.2015): „*Reageerimisvõimekus on tänases Eestis olemas reaalselt vaid politseil ning päästel, ülejäänud, kes peaksid olukorda juhtima, näiteks terviseamet või keskkonnaamet, teevad seda tõenäoliselt vaid deklaratiivselt, kuna võimekust, kogemust ega struktuuri neil täna ei ole.*“ Põhjuseid kuuma ilma plaani mittevajalikkusest tõi välja nii siseministeeriumi ametnik (29.04.2015) kui ka terviseameti erakorralise meditsiini büroo ametnik (25.05.2015): „*Meil pole selliseid ekstreemsusi, et haigla peaks selle tõttu oma tööd ümber korraldama hakkama.*“ Haiglate ja hooldekodude tehnilist valmisolekut pikkadeks kuumaperioodideks või muudes hädaolukordades teenuste pakkumiseks ei ole seni põhjalikult analüüsitud ega kohanemismeetmeid rakendatud.

Hädaolukorra lahendamise plaanides ei ole toodud infovahetust ning koostööpõhimõtteid tervishoiusüsteemi ning teiste osapoolte vahel (päästeamet, riigi ilmateenistus jm). Räägitud on vaid sotsiaalministeeriumi teavitamisest hädaolukorra tekkimisel. Ka siseministeerium on 2013. aasta riskianalüüsi kokkuvõttes toonud, et valmisoleku tagamiseks tervishoiualase hädaolukorra lahendamisel tuleb välja töötada tervishoiuteenuste korraldamise seaduse muudatused, sh millised on sotsiaalministeeriumi, terviseameti ja eraõiguslike juriidiliste isikute ülesanded ja pädevus hädaolukorra lahendamisel (Siseministeerium, 2013a). Täpsustada tuleb koostöökorda perearstide, haiglate ning kiirabiga, kes tänases Eestis on iseseisvad juriidilised üksused.

Tulenevalt HOS-i § 8 lg (2) on kohustus korraldada hädaolukorra lahendamise õppusi vähemalt üks kord nelja aasta jooksul (RT I, 2009, 39, 262). Ent riigikontrolli auditis (2012) ja “Siseturvalisuse arengukavas 2015–2020” (Siseministeerium, 2015a) on olulise probleemina välja toodud, et hädaolukordade lahendamise plaane õppustel regulaarselt ei testita ning neist ei tehta piisavalt järeldusi. Näiteks 2010. aasta jaanuaris toimus üleriigiline õppus „Lumetorm 2010“, kus õppuse stsenaariumis oli eraldi välja toodud ka Padaorg kui üks suurima riskiga koht. Sama aasta lõpus jättis lumetorm Monika Padaorus lumevangi sadu inimesi. Kui tulenevalt seadusest peaks õppuste ja koolituste läbiviimine olema selle ministeeriumi ülesanne, kelle vastutusalasse vastav hädaolukord jääb, siis tegelikkuses on üleriigilisi õppusi seni korraldanud vaid siseministeerium (Siseministeerium, 2014).

Ekstreemsete ilmastikuolude sagenemisel tulevikus nõuavad haavatavad rühmad, sealhulgas vanurid, krooniliselt haiged või vaimse puudega inimesed erilist kohaliku sotsiaalhoolekande ja esmatasandi tervishoiutöötajate tähelepanu. „Esmatasandi tervishoiu arengukava aastateks 2009–2015“ kohaselt on probleemideks ka ebapiisav koostöö sotsiaalhoolekande- ja haridussüsteemidega, tervishoiu teiste tasanditega ning kohalike omavalitsusüksustega (Sotsiaalministeerium, 2009). Ometi on sotsiaalhoolekandel oluline info haavatavate rühmade paiknemisest ja nende spetsiifilistest vajadustest (intervjuu sotsiaaltöö eksperdiga 04.03.2015).

Kui mõned võimalike kannatanutega kliimamuutustest tingitud hädaolukordade lahendusplaanid on välja töötatud, siis pikaajse kuuma ilma hädaolukorra puhuks

lahendusplaan puudub. Praegu ei ole välja töötatud päästeameti, riigi ilmateenistuse ja tervishoiuasutuste vahelist koostöö korda tervisemõjudega tegelemiseks. Võimalike tervisekannatanutega kliima ekstreemsustest tulenevate hädaolukordade lahendamise õppused on ebaregulaarsed ja neist õpitakse vähe. Seni pole tähelepanu pööratud sotsiaalhoolekande ja -hooldusasutuste toimimisele ekstreemsete ilmaolude puhul.

### *Teavitust*

Üldiselt nähakse kliimamuutustest tulenevatest ja erakordsete ilmaoludega seotud ohtudest teavitamisel suurt rolli, kuigi teavituse efektiivsuses kaheldakse. Olemasolev tervisemõjudega seotud info on jaotunud riigi ilmateenistuse, päästeameti, terviseameti, Eesti Õhukvaliteedi Juhtimissüsteemi jm infoportaalide vahel. Keskkonnaministeeriumi ametniku (21.05.2015) arvates on kommunikatsioon ning teavitus just need valdkonnad, mida annaks parandada: „*Parendamist vajab avalikkuse teavitamise pool, varajane hoiatamine keskkonnariskide tervisemõjudest.*“ Intervjueeritud esmatasandi tervishoiusüsteemi esindava perearsti (7.07.2015) arvates on aga teavitamisel väike mõju. Ta toob näite: „*Inimesed lähevad näiteks ikka randa päevitama, kui UV-faktor on ohtlikult kõrge.*“ Ennetavate meetmete ning tegevustena on terviseamet kuuma ilma riskianalüüsis välja toonud soovitude väljatöötamise elanikkonnale käitumiseks erakorraliselt kuuma ilma korral, sh riskirühmadele (Terviseamet, 2013b). Terviseameti ametniku (7.05.2015) sõnul on soovitusel välja töötatud ning avaldatud elektroonsel kujul terviseameti kodulehel, kuid paberkandjal brošüüride jaoks raha ei jätkunud.

Kriisisituatsioonis info levitamiseks on Eestis olemas internetilehekülj Kriisiveeb ([www.kriis.ee](http://www.kriis.ee)), kus ametkonnad avaldavad teateid hädaolukorra lahendamise kohta ning käitumisjuhendeid hädaolukordade puhuks (Siseministeerium, 2015a). Siseministeerium (2013a) on oma koondriskianalüüsis välja toonud, et riigikantselei ülesandeks on koostöös ministeeriumitega välja töötada riskikommunikatsiooni kontseptsioon, mis määratleb riskikommunikatsiooni eesmärgid ja sisu, selle korraldamise põhimõtted ning tegevuste ja vastutuse jaotuse asutuste vahel, sealhulgas kriisitelefoni käivitamise. Riigikantselei ametniku sõnul (27.09.2015) on tänaseks läbi viidud riskikaardistus ning kavandatud sotsioloogiline uuring, kuid kuna alates 1. septembrist 2015 viidi riski- ja kriisikommunikatsioonialased funktsioonid üle siseministeeriumisse, ei ole teada, kuidas kontseptsiooniga edasi minnakse.

Lisaks veebiteavitusele pole kuigi palju teisi meetmete rakendamise tulemusi, mis viitaksid olemasoleva elukorralduse ja infrastruktuuri muutmisele, et aidata inimeste tervist kliimamuutuste tingimustes kaitsta. Ka intervjuudest tuli välja vajadus tegeleda „rohujuuere tasandi rakendustega“, et luua inimestele võimalused tervise kaitseks igapäevases elus. Näiteks Eesti terviseameti koostatud riskianalüüsis on kuuma ilma tervisemõjudena toodud haiglate palatites ja tööruumides mikrokliima halvenemine suur tõenäosus, kuna enamikus haiglates puuduvad õhujahutusseadmed (Terviseamet, 2013a). Seni puudub ülevaade hooldekodude toimimisest kliimaga seotud terviseohtude puhul.



Kokkuvõtvalt on info kliimamuutustest ja tervisemõjudest erinevate asutuste vahel killustunud ning veebikesksuse tõttu ei pruugi see jõuda ohustatud inimesteni. Riigil puudub ka riskikommunikatsiooni plaan. Muudatusi inimeste elukorralduses ja tervishoiuasutustes kliimamuutuste tervisemõjudega kohanemiseks pole praktiliselt ette võetud.

## **Millest on tänane olukord tingitud?**

Tekib küsimus, mis on tinginud sellise olukorra, 1) kus kliimamuutuste tervisemõjude osas on riiklikke eesmärgesid seatud vaid keskkonna ja sisejulgeoleku valdkonnas, 2) kus ilmastikuparameetrite jälgimine on killustunud ega kata kõiki olulisi parameetreid, et hinnata tervisemõjusid ja operatiivsekkumise vajadust, 3) kus riskianalüüside kvaliteeti seatakse kahtluse alla, 4) kus pääste, eraõiguslike tervishoiuasutuste ja sotsiaalhoolekande koostöökorda ei ole välja töötatud, 5) ning kus kliima ekstreemsustest tulenevate hädaolukordade lahendamise õppused on ebaregulaarsed ja neist õpitakse vähe.

## **Riigiaparaadi seesmine toimimine kohanemistegevuste mõjutajana**

Selles alapeatükis analüüsitakse, kuidas riigiaparaadi sisemine toimimine, täpsemalt riigi halduskultuur, -struktuur ning -suutlikkus, mõjutab kohanemismeetmete välja-töötamist ning rakendamist.

### *Halduskultuuri mõju*

Kliimamuutustest tingitud tervisemõjudega arvestava strateegilise plaani puudumist võib seletada kliimakohanemisega seotud asutuste halduskultuuri eripäradega. Ühelt poolt mõjutab kohanemise poliitikat olulisel määral ametkondade arusaam riigipoolse sekkumise (vähesest) vajadusest ning teisalt otsuse tegemise stiil, selle avatus. Valdav on seisukoht, et pika aja jooksul avalduvate kliimamuutuste mõjudega suudab inimene kohaneda, valmisolek reageerida on vaja tagada erakordsetele muutustele. Nagu tõi välja intervjuueritud kliimaekspert (29.04.2015): „*Riigi tuge on vaja eelkõige siis, kui tervisemõjud on järskude ja lühikese aja jooksul toimunud muutuste tulemus. Pikemaajaliste muutustega on inimorganism kindlasti võimeline kohanema.*“ Samuti leidis suurem osa intervjuueritavatest, et riigi regulatsioon on piisav ning pigem tuleks panustada inimeste enda valmisolekusse olukordades hakkama saada. Nagu ütles sise-ministeeriumi ametnik (29.04.2015): „*Inimeste endi valmisolek end aidata on läinud allamäge. Valmisoleku kasvatamine on töö, mida tuleb teha maast madalast.*“

Intervjuud osutavad, et kuigi poliitika kujundamine on eri osapooltele avatud, sünnivad tervishoiu ja päästevaldkonna otsused pigem kitsas siseriingis. Siseministeeriumi ametnik (29.04.2015) kommenteeris sisejulgeolekupoliitika kujundamist kliimamuutustega kohanemise võtmes järgnevalt: „*Tegemist on mitmepoolse protsessiga. Igati, kes valituks tahab saada, küsib sõpradelt ja tuttavatelt, samuti ministeeriumi tasandilt,*

*millised on probleemid. Need sõnastatakse seejärel selgemalt, kooruvad mingid ülesanded, mida siis juba üksikasjadega täidame ministeeriumi tasandil. “Ametnikud osutasid, et vahel tulevad otsused valitsuse tasandilt selgituseta, mis ajendid või tõendusmaterjal otsuste kujunemise taga tegelikult on. Nagu sotsiaalministeeriumi keskkonnatervise spetsialist (4.05.2015) väljendas: „Täna tehakse juba selliseid otsuseid poliitika tasandil, mille tausta ei tea ka meie – on sinna kaasatud teadlasi, eksperte või mitte.“*

### *Haldusstruktuuri roll*

See, et kliima tervisemõjude jälgimine ja valmisolek hädaolukordadeks ei ole täiel määral tagatud, võib tuleneda vastutuse hajumisest eri institutsioonide vahel. Rahvatervise teadlane toob intervjuus probleemina välja vastutaja puudumise kliimamuutuste tervisemõjude valdkonnas: „*Kliima tervisemõjud nagu keskkonnatervis üldse on väga valdkonnaülene nähtus ja keegi ei taha selle ala probleeme väga omaks tunnistada ega vastutust võtta.*“ Sotsiaalministeeriumi keskkonnatervise spetsialist (4.05.2015) tõi välja ka probleemid ressursside jaotamisel seoses meetmete rakendamise ning kontrolli osas: „*Keskkonnaministeeriumi käes on raha ja sotsiaalministeeriumi käes probleemid, probleemi lahendamiseks aga raha ministeerium ei eralda. Valdonna killustatus ministeeriumite vahel polekski probleem, kui oleks selge, milline ministeerium nende lahendamise eest maksma peab.*“

Valdkonna jaotumist mitme ministeeriumi vahel ning sellest tingitud puudulik koostöö on probleem ka kliimamuutustega kaasnevate hädaolukordade lahendamise puhul. Nii viitas ministeeriumite vahelisele koostöö puudumisele ning teiste osapoolte mittekaasamisele päästeameti esindaja (7.06.2015): „*Igal ministeeriumil on olemas oma plaan ohuolukordades hakkama saada, aga üldist plaani ei ole.*“ Päästeameti esindaja (18.06.2015) tõi välja: „*Siseministeerium on kriisireguleerimise valdkonna koordineerijaks täna ja ükski teine ministeerium ei taha sellega kaasa tulla. Siseministeeriumil ei ole ka pädevust teisi ministeeriume selleks sundida. Siis ongi vabakäigu teed mindud. Kuna riik ei ole otsest suunist andnud, siis ametid vaatavad, kuidas jõuavad.*“

Kliimamuutuste tervisemõjudega tegelemine seisab struktuuride erinevate juhtimisstiilide ja -mehhanismide taga. Päästevaldkonnas rõhutati rollide ja käsuliinide täpset jaotumist, mis on valdkonnaspetsiifilises ranguses läbi ajaloo kujunenud, kuid mis ei soosi läbirääkimisi ja koostööd seotud valdkondade spetsialistidega. Tervishoiu reageerimist hädaolukordadele kommenteeris intervjuueeritud perearst (7.05.2015): „*Igaüks teeb seda, mis pähe tuleb. Ei ole ühtset juhtivat liini, kuhu liikuda. Ülesanded ning see, kes mille eest täpselt vastutab, on väga hajusalt määratletud. See on väga aktuaalne probleem.*“ Ka sotsiaalministeeriumi tervisesüsteemi arendamise osakonna ametnik (19.06.2015) lisas, et vastutuse jaotuse loogika peab paremini paika saama: „*Õiguskorra mõttes tuleb, jah, täna üle vaadata, millised õigused tekivad meeskonna juhile, et ta saaks paindlikumalt kogu süsteemi ümber vaadata, kui on vajadus kiiresti reageerida.*“ Hädaolukordade lahendamisel võib tekkida probleeme nende olukordade juhtimisel, kuhu on kaasatud ka eraõiguslikud haiglad või kiirabi, aga ka

perearstisüsteem. Nii tõi välja päästeameti esindaja (18.06.2015): „*Haiglat ja arste meiega ühe laua taha saada, kaardistada nende ressursse ning olukorda, on keeruline, kuna nad on eraõiguslikud. Võib vaid eeldada, et kui on sündmus, kus kohaliku haigla võimekus ületatakse, siis võtavad teised haiglad patsiendid vastu, kuid kindlust selles osas tegelikult ei ole.*“

„Esmatasandi tervishoiu arengukava aastateks 2009–2015“ kohaselt on probleemiks ka ebapiisav koostöö sotsiaalhoolekande- ja haridussüsteemidega, tervishoiu teiste tasanditega ning kohalike omavalitsusüksustega (Sotsiaalministeerium, 2009). Ka intervjuu linnaarstiga (12.06.2015) kinnitab sama probleemi: „*Nüüd, kui perearstid ei ole enam kohalike omavalitsuste juures, ning suhtlus käib läbi sotsiaalministeeriumi, on tervishoiu pool läinud kohaliku omavalitsuse tasandilt järjest kaugemale.*“ Ekstreemsete ilmastikuolude sagenemisel tulevikus nõuavad haavatavad rühmad, sealhulgas vanurid, krooniliselt haiged või vaimse puudega inimesed erilist kohaliku sotsiaalhoolekande ja esmatasandi tervishoiutöötajate tähelepanu ning nende omavahelist koostööd.

#### *Haldusvõimekuse mõju*

Üks peamine tegur, mis mõjutab riiklikul tasandil kliimamuutustest tingitud tervise-mõjudega toimetulekut, on vastava ekspertiisi vähesus. Õppekava koormatuse tõttu ei ole eraldi keskkonnatervise põhiõpet otstarbekaks peetud. Arstide puhul keskkonnatervise teemat täiendõppena ei praktiseerita. Sotsiaalhoolekandele on kliimamuutustest tingitud tervisemõjud tundmatu ala. Nagu intervjuueritud sotsiaaltöö ekspert (04.03.2015) selgitas: „*Ega sotsiaaltöötajal või hooldajal ei ole ju teadmisi, millistes ilmaoludes ohtu näha, kuidas hoolealust ette valmistada. Praegune tegutsemine on kõik omaloominguline.*“

Raha puudus on hoidnud tagasi seire täiendamist, andmetike integreerimist tervisemõjude ning päästevajaduse hindamiseks ning teavitussüsteemide mitmekesistamist. Haiglate ja hooldekodude jahutussüsteemidesse pole vajalikul määral investeeritud. Nagu väljendas siseministeeriumi ametnik (29.04.2015): „*Oleme ikkagi vaene riik. Iga raha ning mehe pärast käib võitlus, mis ametkond endale saab.*“ Intervjuueritud meditsiinitöötajad rõhutavad inimressursi ebapiisavust, et ilmastikuoludest tingitud haiguspuhangutega toime tulla. Nagu perearst (7.05.2015) selgitas: „*Et meil oleks täna võtta haiguspuhangute perioodiks kuskilt lisaressursse, seda meil ei ole.*“ Samas väitsid ka mõned ametnikud, et kliimamuutustest tingitud tervisemõjudega toimetuleku tagamiseks on piisav inimressurss olemas. Nii tõi välja siseministeeriumi ametnik (29.04.2015): „*Kliimamuutus on vähetõenäoline praeguses seisus ja kliimamuutuse mõju pigem ei ületa haiglate tavavõimekust, me ei käsitle teda kui niivõrd tõenäolist hädalukorda praegu.*“

## Kohanemistegevusi mõjutavad riigiaparaadi välised survetegurid

Järgnevalt on hinnatud väliste survetegurite nagu avalikkuse ja organiseerunud huvirühmade mõju kliimamuutuste tervisemõjudega toimetuleku korraldamisele.

Avalikkuse huvi ja surve puudumist võib pidada üheks mõjuriks, miks kliimamuutuste tervisemõjudega tegelemist ei ole korraldatud. Eesti elanikud ei näe kliimamuutustest tingitud probleeme. Eurobaromeetri (2014) uuring kinnitab, et võrreldes muu Euroopaga, on Eesti kodanike seas kõige vähem neid inimesi, kes peavad kliimamuutust maailma suurimaks probleemiks. Eesti elanike uuringust (Orru *et al.*, 2015) selgus, et võrreldes toidu lisaainetest ja liikluse heitgaasidest tuleneva ohuga, peab äärmuslikest ilmaoludest tulenevaid terviseohte oluliseks kordades vähem inimesi.

Selles uurimuses osalenud võtmeekspertide arvamus ühtib avalikkuse riskihinnanguatega. Kõik küsitletud respondendid alustasid intervjuud tõdemusega, et nad ei usu, et kliima Eestis oluliselt muutuma hakkab. Vähemalt ei ole nende arvates selle kohta siiani piisavaid tõendusmaterjale avalikustatud. Nagu ütles näiteks siseministeeriumi ametnik (29.04.2015): „*Numbriliselt see ju välja ei tule, et kliima Eestis oluliselt muutuma hakkaks, fakte, mis seda toetaks, täna ju ei ole.*“ Rahvatervise teadlane (8.05.2015) tõi selle ka põhjusena, miks ei ole tekkinud laiema avalikkuse ega organiseerunud huvirühmade survet: „*Kuna avalikkuse teadlikkus on väike, siis ei tule ka survet sealt poolt kliimamuutuste mõjudega toimetuleku paremaks korraldamiseks.*“

### Teadlaste mõju

Üks olulisemaid tegureid, mis kliimamuutustest tingitud tervisemõjudega kohanemist on pärssinud, on vastava tõendusmaterjali ebapiisavus. Kliimamuutuste, aga ka üldisemalt keskkonnategurite ning tervisenäitajate koosmõju kohta on kuni 2015. aastani Eestis vähe uuringuid tehtud. Kliimamuutuste mõjude välja selgitamine on seni jäänud ressursipuuduse taha. Ministeeriumide ressursside vähesus sunnib riiki prioriteete seadma ning keskkonnatervis ei ole intervjueeritute sõnul esmatähtis. Nii toonitas rahvatervise teadlane (8.05.2015): „*Kahjuks pole keskkonna tervishoid prioriteet ja seetõttu ei ole ka rahastust riigi poolt leitud.*“ Paradoksaalseks teeb asja see, et ametnikud peavad teadusuuringute rolli otsuste tegemisel oluliseks. Nagu väljendas sotsiaalministeeriumi keskkonnatervise spetsialist (4.05.2015): „*Me ei tee ühtki asja arvamise pealt. Me ei panusta ressurssi sinna, kus ei ole prognoose ja uuringuid tehtud. Vähemalt siis, kui muudatus on meie poolt ellu kutsutud, peab olema meil ka alati teaduslik põhjendus taga.*“

Eksptiisi vähesusele valdkonnas viitab ka asjaolu, et Eestis ei koolitata keskkonnatervise spetsialiste ning ka arstiteaduse õppekavas on teema esindatud vaid ühe ainega. Rahvatervise teadlane selgitas (8.05.2015): „*Eestis on palju keskkonnaspetsialiste erinevates ülikoolides, kuid üheski neist ei loeta keskkonnatervise kursust, kus tulevastele otsustajatele kliimamuutuseid ja selle tegelikke tervisemõjusid selgitataks.*“ „Rahvastiku tervise arengukava 2009–2020“ näeb ette meetmed terviseriskide

hindamise spetsialistide koolitamiseks ning keskkonnatervise alaste teadmiste koondamiseks. Seni pole selleks aga ressursse leitud.

### *Ärihuvide mõju*

Intervjueeritud võtmeeksperdid ei näe, et ärihuvide avaldaksid mõju kliimamuutuste tervisemõjudega kohanemise poliitikate välja töötamisele. Igapäevaelu tasandil võib oluliseks saada erinevate viiruste invasioon ning siirutajate poolt levitatavad viirused ja sellega seotud ravimifirmade huvid. Näiteks puukentsefaliiti on võimalik vaktsineerimisega ennetada. Intervjueeritud perearsti (7.05.2015) sõnul on vaid aja küsimus, mil ravimifirmad „haisu ninna saavad“ ja vaktsiini riikliku vaktsineerimisprogrammi lülitamiseks toetust koguma asuvad. Ärihuvide surve kasvu meetmete osas võib eeldada ka kliimaseadmete edasimüüjate poolt. Nii on Eesti müügijuhtide seas korraldatud küsitluse tulemuste põhjal konditsioneeride müük Eestis järjest kasvanud, eriti oli seda märgata 2014. aasta juulis (Postimees, 2014).

### **Rahvusvaheline mõju**

Riigi tasandi poliitikat mõjutavad rahvusvahelised kokkulepped või naaberriikide kogemused. Eesti kliimamuutustega kohanemispoliitika kujundamise võtmeteguriks on Euroopa Liit oma regulatsioonidega. Nii on „Kliimamuutuste mõjudega kohanemise arengukava aastani 2030“ koostamise ettepanekus öeldud, et vajadus riikliku kliimamuutustega kohanemise arengukava koostamiseks tuleneb Euroopa Liidu kliimamuutuste mõjuga kohanemise strateegiast (Keskkonnaministeerium, 2015). Kui ohutusvaldkonna kujundamisel on siseministeeriumi ametniku sõnul paljuski lähtutud Rootsi, Soome ja Saksamaa praktikast (siseministeeriumi ametnik 20.04.2015), siis kliimamuutustega kohanemise puhul Euroopa mastaabis eesrindlikust Rootsist ja Soomest eeskuju võetud pole.

Lisaks kohanemise strateegia koostamise vajadusele pidasid intervjueeritud Euroopa Liidu mõju oluliseks näiteks keskkonnategurite seire nõudmiste ja finantseerimise osas. Nii toonitas rahvatervise teadlane (8.05.2015): „*Euroopa Liidul on väga suur mõju, näiteks keskkonnaseire parandamise osas, kus direktiividest tulenevalt on Eesti pidanud Euroopa Liiduga liitumise tingimusena viima sisse mitmeid muudatusi seadusandlusesse ning see mõju on vaid positiivne, kuna seire tulemuslikkus on selle tagajärjel tõusnud.*“ Näiteks „Üleujutusohuga seotud riskide aruande“ eesmärk tuleneb just EL-i üleujutuste direktiivi artiklitest 4 ja 5, mille kohaselt nähakse ette, et üleujutusohklikud alad Eestis kaardistatakse olemasolevaid andmeid kasutades (Keskkonnaministeerium, 2011).

## **Kokkuvõte**

Eestis ei ole kliimamuutuste tervisemõjudega kohanemist õiguslikult määratletud ja ka praktilisel tasandil on seni vähe ette võetud. Riik on kuni 2014. aastani, mil alustati vastavalt EL-i nõudmistele kliimamuutustega kohanemise strateegia alusuuringuid, end kliimamuutuste tervisemõjude probleemist üldjoontes distantseerinud. Üldlevinud arusaam poliitikakujundajate seas on, et kui kliimamuutused üldse aset leiavad, peaksid inimesed pikaajaliste mõjudega ise hakkama saama, ning operatiivseks sekkumiseks on vähemalt osade kliimast tulenevate hädaolukordadega tegelemiseks õigusraamistik ja võimekus olemas. Selline lähenemine on seletatav piiratud majandusliku suutlikkuse ja tõendusmaterjali puudumisega tervisemõjude kohta.

Ekstreemsete ilmastikuoludega toimetuleku kogemused näitavad, et tervishoiusüsteem ja päästeametkond tulevad küll oma pädevuse piires toime, ent komplekssemates probleemides jääb ennetustöö või õigeaegne reageerimine asutuste vahelise koostöö puudulikkuse või halduskultuuriliste erinevuste taha. Näiteks on seni määratlemata päästevaldkonna, sotsiaalhoolekande, haridusasutuste ja tervishoiuasutuste vastutus, rääkimata koostöö harjutamisest tervishoiuteenuse ja ohutuse tagamiseks.

Analüüs näitab kliimamuutuste tervisemõjude probleemi ühiskondlikku ja institutsionaalset vaigistamist. Avalikkuse ja poliitilise toetuse puudumisel on kliimamuutuste ning nende tervisemõjude uurimine jäänud tagaplaanile. Samas on tõendusmaterjalide puudumine hoidnud tagasi probleemi ühiskondlikku tõstatamist, tervisemõjudega kohanemise eesmärkide seadmist ja rakendusmehhanismide väljatöötamist.

Rahvusvahelised mõjud on kliimamuutustest tingitud tervisemõjudega kohanemise poliitika kujundamisel võtmetähtsusega. Mõju olulisus leidis kinnitust eesmärkide seadmisel, kus strateegiliste dokumentide väljatöötamisel tuginetakse Euroopa Liidu õigusraamistikule. Ka järelevalve ja informatsiooni kogumise tegevustes, eriti just seire ja hoiatussüsteemide parandamisel, on Euroopa Liidul oluline tõukejõud.

## **Kasutatud kirjandus**

- Biesbroek, G. R., Swart, R. J., Carter, T. R., Cowan, C., Henrichs, T., Mela, H., Morecroft, M., Reese, M. & Rey, D. (2009). Europe adapts to climate change: comparing national adaptation strategies. Helsingi: PEER. 281 pp.
- Biesenbender, S. & Tosun, J. (2014). Domestic Politics and the Diffusion of International Policy Innovations: How Does Accommodation Happen? *Global Environmental Change*, 5, 29.
- Bowen, K. J., Ebi, K., Friel, S. & McMichael, A. J. (2013). Multi-layered governance framework for incorporating social science insights into adapting to the health impacts of climate change. *Global Health Action*, 6.
- Burton, A. J., Bambrick, H. J. & Friel, S. (2014). Is enough attention given to climate change in health service planning? An Australian perspective. *Global Health Action*, 7.
- Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, Oliver., Olazabal, E., Geneletti, D., et al., Faehnle, Maija (2014). Mitigating and Adapting to Climate Change: Multi-functional and Multi-scale Assessment of Green Urban Infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146, 107–115.

- Eesti Õhukvaliteedi Juhtimissüsteem (2015). Seirevõrgustik. <http://airviro.klab.ee/seire/airviro/seirevork.html> (25.05.2015).
- Fouillet, A., Rey, G., Wagner, V., Laaidi, K., Empereur-Bissonnet, P., Le Tertre, A., Frayssinet, P., Bessemoulin, P., Laurent, F., De Crouy-Chanel, P., Jougla, E. & Hémon, D. (2008). Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave. *International Journal of Epidemiology*, 37, p. 309–317.
- Giorgi, F. & Torma, C. (2015). Climate variability and change over Europe. Connections to pollen concentrations. Filippo Giorgi, Csaba Torma ICTP, Trieste, Italy.
- Goodsite, M. E., Davis, M., Klein, R. J. T., Davíðsdóttir, B., Atlason, R. S., Juhola, S., Landauer, M., Linnér, B. O., Neset, T., Glaas, E. & Eskeland, G. (2013). White Paper: Climate Change Adaptation in the Nordic Countries. Nordic Climate, Mitigation, Adaptation and Economic Policies Network (N-CMAEP), Norden Top-level Research Initiative. Oslo: Norway. 40 pp.
- Haines, A. (2012). Sustainable policies to improve health and prevent climate change. *Social Science & Medicine*, 74, p. 680–683.
- Hamaoui-Laguél, L., Vautard, R., Liu, L., Solmon, F., Viovy, N., Khvorostyanov, D., Essl, F., Chuine, I., Colette, A., Semenov, M. A., Schaffhauser, A., Storkey, J., Thibaudon, M. & Epstein, M. M. (2015). Effects of climate change and seed dispersal on airborne ragweed pollen loads in Europe. *Nature Climate Change* advance online publication.
- Hood, C., Rothstein, H. & Baldwin, R. (2001). *The Government of Risk: Understanding risk regulation regimes*. New York: Oxford University Press. 217p.
- Keskonnaministeerium (2007a). Eesti keskkonnastrateegia aastani 2030. 60 lk.
- Keskonnaministeerium (2007b). Eesti keskkonnapoliitika aastateks 2007–2013. 69 lk.
- Keskonnaministeerium (2011). Üleujutusohuga seotud riskide esialgse hinnangu aruanne. 71 lk.
- Keskonnaministeerium (2015). „Kliimamuutuste mõjuga kohanemise arengukava aastani 2030“ koostamise ettepanek. Osalusveeb. <https://www.osale.ee/konsultatsioonid/?page=consults&id=274> (22.03.2015).
- Knaggård, Å. (2014). What do policy-makers do with scientific uncertainty? The incremental character of Swedish climate change policy-making. *Policy Studies*, 35(1), p. 22–39.
- KOM (2009). Euroopa Komisjoni valge raamat „Kliimamuutustega kohanemine“. COM, 147/4.
- Kovats, R. S. & Hajat, S. (2008). Heat stress and public health: a critical review. *Annual Review of Public Health*, 29, 41–55.
- MSI (TTÜ Meresüsteemide Instituut) (2008). Mereprognooside süsteemi HIROMB arendamine. SA KIK Veekaitseprogrammi projekt nr 36: lõpparuanne. Tallinn. 87 lk.
- O'Hagan, J., Hunter, N. & Eggen, B. (2012). Climate change, ultraviolet radiation and health. In: *Health effects of climate change in the UK 2012. Current evidence, recommendations and research gaps*. Ed. Vardoulakis S, Heaviside C, Health Protection Agency, 2012.
- Orru, H., Lanki, T., Forsberg, B., Saava, A., Indermitte, E. et al (2015). Tervis. In: *Kliimamuutuste mõjude hindamine ja kohanemismeetmete väljatöötamine planeeringute, maakasutuse, inimtervise ja päästevõimekuse teemas (KATI) Toim. Roose A. Tartu Ülikool*.
- Orru, K. & Rothstein, H. (2015). “Not ‘dead letters’, just ‘blind eyes’: the Europeanisation of drinking water risk regulation in Estonia and Lithuania. *Environment and Planning, A*, 47, p. 356–372.
- Orru, K., Hendrikson, R., Nordlund, A., Nutt, N., Veeber, T. & Orru, H. (2015) Keskonnatervis: arusaamine riskidest ja motivatsioon tervisemõjude vähendamiseks. Keskonnatervise uuringute keskus. Terviseamet.

- Osberghaus, D., Finkel, E. & Pohl, M. (2010). Individual adaptation to climate change: The role of information and perceived risk. ZEW Discussion Papers, No. 10–061.
- Spence, A., VENABLES, D., PIDGEON, N., POORTINGA, W. & DEMSKI, C. (2010). Public Perceptions of Climate Change and Energy Futures in Britain. Technical report. Cardiff: School of Psychology.
- Postimees (2014). Kliimaseadmete müük on kuumalainega mitu korda kasvanud. <http://majandus24.postimees.ee/2871627/kliimaseadmete-muuk-on-kuumalainega-mitu-korda-kasvanud> (25.03.2015).
- Riigi Ilmateenistus (2015a). Sõnastik. <http://www.ilmateenistus.ee/ilmatarkus/sonastik/#hiromb> (25.04.2015).
- Riigi Ilmateenistus (2015b). UV-indeks. <http://www.ilmateenistus.ee/ilm/ilmavaatlused/uv-indeks/> (25.04.2015).
- Robert Koch Institut, Umweltbundesamt (2013). Klimawandel und Gesundheit. Allgemeiner Rahmen zu Handlungsempfehlungen für Behörden und weitere Akteure in Deutschland. 34 S. [http://www.rki.de/DE/Content/Kommissionen/UmweltKommission/Aktuelle\\_Informationen/Downloads/klimawandel\\_gesundheit\\_handlungsempfehlungen\\_2013.html](http://www.rki.de/DE/Content/Kommissionen/UmweltKommission/Aktuelle_Informationen/Downloads/klimawandel_gesundheit_handlungsempfehlungen_2013.html) (15.03.2015).
- Runhaar, H. A. C., Mees, H. L. P., Wadekker, J. A., Sluijs, J. P. & van der Driessen, P. P. J. (2012). Adaption to climate change-related risks in Dutch urban areas: stimuli and barriers. *Regional Environmental Change*, 12(4), 777–790.
- Semenza, J. C., Suk, J. E., Estevez, V., Ebi, K. L. & Lindgren, E. (2012). Mapping Climate Change Vulnerabilities to Infectious Diseases in Europe. *Environmental Health Perspectives*, 120, 385–392.
- Siseministeerium (2013a). 2013. aasta hädaolukordade riskianalüüside kokkuvõte.
- Siseministeerium (2013b). Ulatuslikust metsa- või maastikutulekahjust põhjustatud hädaolukorra lahendamise plaan.
- Siseministeerium (2013c). Tormist põhjustatud hädaolukorra lahendamise plaan.
- Siseministeerium (2013d). Tiheasustusalal aset leidvast üleujutusest põhjustatud hädaolukorra lahendamise plaan.
- Siseministeerium (2014). Hädaolukorra seaduse ja Vabariigi Valitsuse seaduse muutmise seaduse eelnõu väljatöötamise kavatsus. <http://eelnoud.valitsus.ee/main#CWepGdNC> (23.03.2015).
- Siseministeerium (2015). Siseturvalisuse arengukava 2015–2020. 134 lk.
- Sissenich, B. (2010). Weak states, weak societies: Europe's East–West gap. *Acta Politica*, 45, p. 11–40.
- Sotsiaalministeerium (2008). Rahvastiku tervise arengukava rakendusplaan aastateks 2009–2012. <https://www.sm.ee/et/tervis> (23.03.2015).
- Sotsiaalministeerium (2009). Esmatasandi tervishoiu arengukava aastateks 2009–2015. 25 lk.
- Terviseamet (2013). Epideemia hädaolukorra riskianalüüs.
- Terviseamet (2015b). Keskkonnatervise Uuringute Keskus. <http://www.terviseamet.ee/keskkonnatervis/keskkonnatervise-uuringute-keskus.html> (20.03.2015).
- TNS Opinion & Social (2014). Special Eurobarometer 409 CLIMATE CHANGE report. [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/public_opinion/index_en.htm) (20.03.2015).
- Tompkins, E. & Amundsen, H. (2008). Perceptions of the effectiveness of the United Nations Framework Convention on Climate Change in advancing national action on climate change. *Environmental Science & Policy*, 11(1), p. 1–13.



- Tornevi, A., Axelsson, G. & Forsberg, B. (2013). Association between precipitation upstream of a drinking water utility and nurse advice calls relating to acute gastrointestinal illnesses. *PLoS One*, 8(7).
- Wardekker, A., de Jong, A., van Bree, L., Turkenburg, W. C. & van der Sluijs, J. P. (2012). Health risks of climate change: An assessment of uncertainties and its implications for adaptation policies. *Environmental Health*, 11, 67.
- Vihalemm, T., Keller, M. & Kiisel, M. (2015). *From Intervention to Social Change: A Guide to Reshaping Everyday Practices*. Great Britain: Ashgate Publishing Ltd. 381 pp.

### **Õigusaktid**

- Hädaolukorra seadus, 15.06.2009. RT I, 2009, 39, 262.
- „Nende hädaolukordade nimekiri, mille kohta koostatakse riskianalüüs ja lahendamise plaan, ning hädaolukorra riskianalüüsi ja hädaolukorra lahendamise plaani koostamiseks pädevate täidesaatva riigivõimu asutuste määramine“ Lisa, 25.03.2013. RT III, 30.04.2013, 16.
- Rahvatervise seadus, 14.06.1995. RT I, 1995, 57, 978.

### **Intervjueeritud isikud**

1. Sotsiaaltöö ekspert (04.03.2015)
2. Omavalitsuse sotsiaalinspektor (10.03.2015)
3. Tartu linnavalitsuse ametnik (17.03.2015)
4. Keskkonnatervishoiu teadlane (20.04.2015)
5. Siseministeeriumi ametnik (29.04.2015)
6. Kliimaekspert (29.04.2015)
7. Sotsiaalministeeriumi keskkonnatervise spetsialist (4.05.2015)
8. Eesti Keskkonnauuringute Keskuse ametnik (4.05.2015)
9. Perearst (Perearstide Liidu juhatuse liige) (7.05.2015)
10. Terviseameti ametnik (7.05.2015)
11. Rahvatervise teadlane (8.05.2015)
12. Keskkonnaministeeriumi ametnik (21.05.2015)
13. Haigla esindaja (juhatuse liige) (4.06.2015)
14. Linnaarst (12.06.2015)
15. Vabatahtlike päästjate esindaja (16.06.2015)
16. Päästeameti esindaja (Lääne päästekeskus) (18.06.2015)
17. Sotsiaalministeeriumi tervisesüsteemi arendamise osakonna tervishoiuosakonna ametnik (19.06.2015)
18. Terviseameti Keskkonnatervise Uuringute Keskuse peaspetsialist (27.05.2015)
19. Terviseameti erakorralise meditsiini büroo ametnik (25.05.2015)
20. Pärnu linnavalitsuse ametnik (26.08.2015)
21. Riigikantselei ametnik (27.08.2015)

# **Eesti riiklik kliimamuutustega kohanemise strateegia maakasutuse ja planeerimise ning tervise ja päästevõimekuse valdkonnas**

Kavand  
20. oktoober 2015

## **I PRIORITEETNE VALDKOND: MAAKASUTUS JA PLANEERIMINE**

### **1. Sissejuhatus**

Kliimamuutuste mõjusid on maakasutuse ja planeerimise meetmetega võimalik leevendada, kuid kindlasti mitte täielikult kõrvaldada. Siin hakkavad kaalukat rolli mängima mitte-klimatoloogilised tegurid, sh poliitilised, majanduslikud ja sotsiaalsed suundumused, aga ka näiteks piirkonna geoloogia. Mõjude olulisus ei sõltu ainult kliimateguri ja selle mõju erakorralisusest, vaid mõju eksponeeritusest ja keskkonna haavatavusest. Seejuures tuleb silmas pidada nii kliima loomulikke muutlikkust, kliima inimtekkelist muutust kui ka sotsiaal-majanduslikke protsesse. Kliimamuutustega kohanemise meetmed sõltuvad suuresti vaadeldava süsteemi – antud juhul linna või asula kui kompleksse süsteemi – haavatavusest, sh nii omavalitsuse ametnike kui ka elanikkonna teadlikkus tasemest.

### **2. Olukorra analüüs**

#### *Rannikualad*

**Arvestades maatõusu kiirustega Eesti alal ja maailmamere taseme tõusu prognoosidega, asendub pikaajaline, pärastjääaegsest kerkest tingitud suhteline meretaseme languse trend sel sajandil kliimamuutuste tõttu tõusutrendiga**, mis võib 21. sajandi lõpuks tähendada keskmise meretaseme tõusu Eesti rannikutel: optimistliku tulevikustsenaariumi (RCP4.5) järgi ligi +20 kuni +40 cm ning pessimistlikuma stsenaariumi (RCP8.5) järgi ligi +40 kuni +60 cm. Praegu loetakse eriti ohtlikuks merevee tasemeks Pärnus vähemalt 160 cm, Haapsalus 140 cm, Narva-Jõesuus 160 cm, Tallinnas Koplis, Pirital 80 cm ja Kesklinna sadamas 120 cm ning Kuressaares 150 cm üle pikaajalise keskmise. Planeeringutes ja päästesüsteemide väljatöötamisel tuleb arvestada, et tulevikus paiknevad vastavad ülejutusohuga ala samakõrgusjooned meretaseme tõusu tõttu senisest sisemaa pool.

**Tsüklonite trajektooride muutuste ja sellest tuleneva läänetormide sagedamise tõttu võivad Eesti rannikuid aina sagedamini ohustada tormide põhjustatud veetõusud ja üleujutused, mille ulatus on tulevikus tõenäoliselt senikõrgemaist suurem.** Tormiajudest tulenevate üleujutuste täpsemaks ja operatiivsemaks hindamiseks ning riskide maandamiseks tuleb käigus hoida ja edasi arendada mere- taseme prognoosisüsteeme ja elanikkonna hoiatuskanaleid. Võimalike ekstreemsete üleujutuste esinemistõenäosuse ja ulatuse prognoosimise täpsuse tõstmiseks tuleb järjepidevalt toetada arhiivi- ja teisest allikate, sh geoloogilise materjali teaduslikku uurimist. Planeeringutes ja päästesüsteemide väljatöötamisel tuleb arvestada, et tulevikus ulatuvad tormidest põhjustatud rannikute üleujutused kõrgemale ja kaugemale sisemaale kui seni.

Maailmamere taseme tõusu, läänetormide sagedamise ja talvise jääkatte vähene- mise koosmõjul **tõenäoliselt järgnevatel aastakümnetel Eesti rannikualadel ku- lutusprotsessid intensiivistuvad**, mistõttu võivad ohtu sattuda rannavööndi vahe- tus läheduses asuvad objektid, sh kultuuripärand, ning võib kannatada rannaturism. Riskide ennetamiseks ja tagajärgede leevendamiseks tuleb käigus hoida ja arendada randade seiremetoodikaid ja -süsteeme, identifitseerida ohustatud olulised objektid ja kavandada nende kaitse ning arvestada planeeringutes rannaerosiooni kiirustega. Va- jadusel tuleb Eesti jaoks kohandada Läänemere lõunarannikul juba kasutuses olevaid randade tagasitäitmise meetodikaid.

### *Teised üleujutusriskiga alad*

**Üleujutusohuga seotud riskide analüüs ja üleujutustele vastavad maandamis- kavad teeb üleujutustest Eesti senises riiklikult koordineeritud ja strateegili- selt kavandatud kliimakohanemise tegevuses kõige põhjalikumalt läbi töötatud valdkondna, mille tulemused saab üle võtta kliimamuutustega kohanemise stra- teegiasse.** Valdkond seostub ühtlasi linnaplaneerimise, rannikualade, maaparanduse, inimtervise ja päästevõimekuse valdkonnaga.

Üleujutusohuga seotud riskiks on üleujutuse esinemise tõenäosus koos üleujutu- sest põhjustatud võimalike kahjulike tagajärgedega inimese tervisele, varale, kesk- konnale, kultuuripärandile ja majandustegevusele. Maandamiskavad taotleavad üle- ujutuse esinemise tõenäosuslike ohtude ja üleujutuse ulatuse vähendamist, juhul, kui see on võimalik ja otstarbekas, või siis võimalike negatiivsete tagajärgede vähenda- mist üleujutuse korral. Maandamiskavade strateegiliseks eesmärgiks on üleujutuseks valmisoleku, eeskätt teadlikkuse tõstmine, samuti uute, kasvavate riskide tuvastami- ne ja hindamine. Meetmeid asutakse rakendada riiklikul, riskipiirkonna omavalitsus- te või ka ettevõtete, organisatsioonide ja elanike tasemel. Lääne-Eesti vesikonnas on üleujutusohualasid tiheasustusaladel 15, Ida-Eesti vesikonnas 5. Üleujutus esinemi- stõenäosusega üks kord 10 aasta jooksul ohustab rannikuasulates ligi tuhandet, kord 100 aasta jooksul 6600 ja kord 1000 aasta jooksul ligi 15 000 elanikku. Üleujutus

tõenäosusega kord 10 aasta jooksul ohustaks 843 eluhoonet, kord 100 aasta jooksul ligi 3200 ja kord 1000 aasta jooksul ligi 6400 eluhoonet. Võrreldes rannikualadega hinnatakse siseveekogude üleujutusrisi oluliselt madalamaks. Võimalike ekstreemsete üleujutuste esinemistõenäosuse ja ulatuse prognoosimise täpsuse tõstmiseks on tulevikus vajalik jätkusuutlikult toetada teadusuuringuid, mis võimaldavad tuvastada minevikus esinenud ekstreemseid üleujutussündmusi.

### *Maalihke riskiga alad*

Maalihete risk on Eestis lokaalne ja praegusel ajal aktuaalne vaid mõnede Edela-Eesti jõgede kallastel, kus esinevad liheohtlikud viirsavised pinnased. Ka tulevikus suure tõenäosusega jätkuvad maalihked Edela-Eesti jõgede kaldavööndites, kus kehivad täna ka piirangud ehitustegevuse osas. **Hetkel ei ole teada, et kliimamuutuste tõttu võiks maalihete hulk ning ulatus käesoleval sajandil oluliselt suurened.** Maalihked võivad Edela-Eesti jõgede kallastel probleemiks muutuda eelkõige vaid ohtu eiravate, valede planeerimis- või ehitusotsuste tulemusena.

### *Kuivendusega ja niisutusega alad*

**Kliimamuutuste tagajärjel prognoositav põhjavee taseme tõus ei ole suur, kuid see võib maapinnalähedase veekihi veerežiimis olulisi muutusi põhjustada.** Viimasest oleneb muldade veerežiim ja kuivendatud maade kasutamine. Madalatel tasastel aladel, eriti raske lõimiseega muldadel ja soomuldadel, võib maapinnalähedase põhjaveekihi tase tõusta aga nii palju, et põhjustab täiendavat soostumist. Kliimamuutused koosmõjus kuivendussüsteemide seisundi halvenemisega (amortiseerumisel) hakkavad omakorda põhjustama muutusi maakasutuses – liigniisked alad võivad kasutusest välja jääda, sest saagikus või selle koristatavus väheneb. Kasvatatavate kultuuride valik hakkab sõltuma liigniiskuse või põua taluvusest. Kõrgemat lisandväärtust andvate põllukultuuride jaoks sobilike põllu- maade vähenemine võib näiteks kaasa tuua kartuli, rapsi ja teraviljade külvipindade vähenemise ja seetõttu rohumaade pindala suurenemise.

Suure intensiivsuse ja sademetehulgaga sajud võivad hakata lokaalseid üleujutusi põhjustama. Suurenenud sademetehulk suurendab toitainete väljakandmise riski mullast pinna- ja põhjavette. Pehmed talved vähendavad mullaveearu vegetatsiooniperioodi esimesel poolel, mis tingib niisutusvajaduse suurenemise.

Maaparandussüsteemide töökindluse tagamine vajab senisest suuremaid ja järjepidevaid investeeringuid, mis omakorda nõuavad teadusuuringuid ja nendel põhinevaid poliitilisi otsuseid. **Kuna paljude varasematel kümnenditel rajatud maaparandusobjektide renoveerimine on väga ressursikulukas, tuleb lähitulevikus otsustada, millised kuivendussüsteemid on Eesti majandusele olulised ja millised tuleb hüljata.**

## *Linnad*

Nii otseselt kui kaudselt on kliimamuutustest mõjutatud eelkõige just suuremad linnad – Tallinn, Tartu ja Pärnu –, kuhu on koondunud suurem osa rahvastikust, majandustegevusest, varast, kapitalist ja kultuuriväärtustest, kuid kus tehnogeneenne ja suure asustustihedusega ehitatud keskkond ei suuda mõjusid piisavalt kiiresti puhverdada, vaid sageli hoopis võimendab neid.

Võttes arvesse Eesti geograafilist asukohta ja hõredat asustust, on siinsed kliimamuutustega kaasnevad riskid suhteliselt väikesed ja reeglina väga piiratud, kohaliku mõjualaga (konkreetsed linnatänavad ja kvartalid). Peamised riskid, millega Eesti linnad tulevikukliima prognooside kohaselt silmitsi seisavad, on tingitud sagedastest erakordsetest ilmastikunähtustest – **tormidest, üleujutustest ja kuumalainetest**.

Neist kõige negatiivsema mõjuga on **rannikumere üleujutused**, ohustades nelja linna – Kuressaare, Haapsalu, Pärnu ja Tallinna linna – ning kaheksat alevikku. Mõju on ulatuslikum Virtsus, Nasval, Uuemõisas, Võistes ja Paralepas. Jõgede üleujutusohu on kõige reaalsem ja potentsiaalselt ulatuslikum Tartus Emajõe ja järvede üleujutusohu Võrus Tamula kallastel.

**Asustust mõjutavad tormikahjud** avalduvad üle Eesti üsna juhuslikult, sõltudes pigem võimenduvast juhuslike kokkusattumisest, puudulikust ehituskvaliteedist või ohutunde ignoreerimisest. Ilmastikuliselt on riskid kõrgemad Lääne-Eestis, saartel ja rannikualadel, kus üle 21 m/s puhuvat tuult esineb sagedamini. **Tormikahjustusi on mõningal määral võimalik ennetada üld- ja detailplaneeringutes sätestatavate maakasutuse- ja ehitustingimustega, kuid peamiselt läbi ehitustegevuse ning selle kvaliteedi.**

**Kuumalained** on üks peamisi tulevikukliima riske, mis on Eestis viimase kümnenendi suvedel juba avaldunud. Selle sajandi keskpaigast alates kasvab nende sagedus oluliselt. Kuumalained võimenduvad linnades linna soojussaare efektina, mille suhtes on eriti tundlikud kroonilised haiged, väikelapsed ja eakam elanikkond, kelle seas suureneb haigestumise ja suremuse risk. Soojussaare efekti tekkimine seostub eelkõige linnade maakasutuse ja ehituslike iseärasustega, kus tehismaterjalid neelavad suurema osa päikesekiirgusest, mille tõttu kuumenevad transpordirajatised (teed, parklad) ja hooned (iseäranis tõrvakatused), mis omakorda kütavad üles õhu linnaruumis. 2014. aasta juuli kuumalaine uuring tõestas, et soojussaare efekt puudutab kõiki tiheasustusalasid, mitte ainult suuremaid linna. Kuumalainete negatiivset mõju süvendab praegu Eestis jälgitav ja tulevikus kiirenev rahvastiku vananemine ja linnastumine. Haigestumise ja suremuse vältimiseks tuleb linnades soojussaare efekti mõjusid leevendada asuda juba praegu, **piirates planeeringu- ja ehituslahendustega soojuse akumulierumist** ning rakendades linnakeskkonnas jahutavaid mikrokliimaatilisi meetmeid, **säilitades ja laiendades rohealasid, haljastust ja veekogusid.**

**Kliimariskidele eksponeerituse kõrval sõltub linnade haavatavus ka keerukatest sotsiaal-majanduslikest protsessidest, linnade ruumilisest tihedusest, morfoloogiast, tehnilisest ja sotsiaalsest taristust, rohe- ja veelade osakaalust linnamaastikus,**

haldusvõimekusest ja rakendatavatest kohanemismeetmetest. Nimetatud tegurid mängivad kliimamuutuste endi kõrval äärmiselt olulist rolli, olles omavahel pidevalt muutuvates komplekssetes seostes. Nii nagu on eksponeeritus mõnes linnas suurem kui teises, on ka igal linnal oma selgelt eristuvad keskkonna, sotsiaalsed ja majanduslikud eripärad, mis kliimamuutuste suhtes kas tõstavad või alandavad linna tundlikkust.

**Kuna ehitatud keskkonna rajamine on kulukas ja ehitiste eluiga vägagi pikk, tuleb linnade planeerimisel ja linnakorralduses tulevikus aset leidvate üleujutuste, tormide ning kuumalainetega kaasnevate riskidega arvestada juba täna.** Riskiennustuste seisukohalt on juba praegu linnade planeeringute koostamisel abiks mitmed õigusaktid ja uuringud. Näiteks keskkonnamõju strateegilise hindamise ja riskianalüüsi tulemusi ning ehituskeeluvööndite ja üleujutusosalade määramisega tuleb planeeringute koostamisel ja kehtestamisel juba praegu arvestada. Nõnda tuleb ki planeeringu koostamise osas õigusaktide täiendamisest olulisemaks pidada kehtivate õigusaktide tegelikku täitmist ja järgmist. Tulevikus tuleb täpsustada kliimariskide seiret ning hindamist, sealhulgas kaardistada linnade soojussaare efekti ja paduvihmadest põhjustatud üleujutuste riskialasid, aga ka linnaosade ja asumite sotsiaal-majanduslikku tundlikkust, et luua arusaam kliima- ja ilmastikutundlikest süsteemidest ning arendada ruumilised analüüsivahendid linnade kohalike olude arvestamiseks kliimamuutustega kohanemisel.

### 3. Läbivad teemad

**Regionaalareng.** Linnastumine on üleilmne arenguprotsess, mida pole regionaalselt tasakaalustatuma arengu püüdlustes suudetud kusagil Euroopas efektiivselt mõjutada. Ometi, peitub linnapiirkondades peamine majanduskasvu ning riigi kui terviku konkurentsivõime potentsiaal. Seepärast tähtsustatakse linnade võtmerolli regionaalarengus nii Euroopas (sh EL-i ühtekuuluvuspoliitika raamistikus) kui mujal maailmas üha enam. Paljudes riikides on linnade arengu suunamiseks kujundatud eraldi riiklik linnapoliitika<sup>1</sup>. Kliimamuutustest tingitud mõjudega arvestamine peab muutuma loomulikuks osaks regionaal- ja linnapoliitikast.

**Infoühiskond.** Ühiskonna teadlikkuse suurendamine kliimamuutustest ja kaasnevatest riskidest, et seeläbi suurendada nendega toimetulekut, on valmisoleku tõstmisega lahutamatu seotud. Kliimamuutuste riskide tuvastamise ja seireandmete analüüsivõimekus peab võimaldama andmete kasutamist erineval tasandil otsuste tegemiseks.

**Keskkond.** Keskkonnatingimusi ja nende muutlikkust tuleb planeeringute ja arengukavade koostamisel arvestada, eri valdkondade strateegilised dokumendid tuleb senisest sisulisemalt omavahel seostada.

---

<sup>1</sup> Eesti regionaalarengu strateegia 2014–2020, lk 10.

#### **4. Üldeesmärk**

**Kohapõhiselt, tõhusalt ja kuluefektiivselt maandada tormi-, üleujutus- ja erosiooniriski inimestele, varale ja majandusele, leevendada soojussaare efekti, tõsta asustuste kliimakindlust, valides selleks parimad lahendused maakasutuses ja selle planeerimises.**

Mõõdikud:

- eluhoonete ning tundlike objektide arv potentsiaalselt üleujutusohuga alal;
- elanike arv potentsiaalselt üleujutusohuga alal;
- potentsiaalne üleujutuskahju hoonetele;
- rohealade/haljastuse ning tehisveekogude osakaal linnades;
- liigvee maasse imbumist takistavate alade pindala vähendamine linnades.

#### **5. Alaeesmärgid**

**PL 1 Rannikualadel arendada üleujutus- ja erosiooniriskide maandamiseks seiresüsteeme ja parendada teavitust.**

pl 1.1: Seire ja riskihindamine rannikualal on täpsem.

**PL 2 Vastavalt planeeringu tasandile võtta planeeringute koostamisel arvesse pikaajalisi kliimamuutuste riske.**

pl 2.1: Kehtestatud planeeringutes on kliimamuutustega arvestatud.

pl 2.2: Planeeringute koostamisel osalevate spetsialistide teadlikkus kliimamuutustest tulenevatest riskidest on paranenud.

pl 2.3: Linnade maakasutuses ja ehitustegevuses on kliimamuutustest tulenevate riskidega arvestatud.

**PL 3 Välja selgitada pikaajalised kliimamuutuste mõjud ja linnakeskkonna haavatavus ning luua kliimamuutuste seiresüsteem.**

pl 3.1: Kliimariskid ja haavatavusmäärad on täpsustatud.

pl 3.2: Linnade mikrokliima uuringud on tehtud ja neid võetakse planeeringute koostamisel arvesse.

**PL 4 Teadvustada kliimamuutustega kaasneva maakasutusmuutuse, sh põllumajanduslikke ja metsanduslikke mõjusid ja riske riigi, maakonna ja kohaliku omavalitsuse tasandil ning kodanike ja ettevõtjate seas.**

pl 4.1: Info on asjaosalisteni jõudnud, koolitused on läbi viidud.

pl 4.2: Elanikkonna teadlikkus on kasvanud.

## 6. Poliitikainstrumendid ja nende tulemused

Kohanemismeetmed on suunatud teadlikkuse ja vastupanuvõime suurendamisele ning ettevaatuspõhimõtte rakendamisele:

- teadlikkus: avalikkuse teadlikkuse tõstmine (ühiskond tervikuna, inimesed, ametnikud) ning kliimamuutusealastes teadmistes lünkade täitmine ja sellest tingitud määramatuse vähendamine (siia kuuluvad eelkõige teadmusmeetmed);
- vastupanuvõime: vastupanuvõimekuse ja valmisoleku tõstmine kliima- ja ilmastikuriskide maandamiseks (siia kuuluvad eelkõige rakendusmeetmed);
- ettevaatus: pikaajaliste muutuste teadvustamine ja nendega arvestamine pikas perspektiivis maakasutuse suunamisel.

Ruumiline planeerimine on instrument, millega on linnade kliimakohanemisel riske võimalik ennetada. Teine oluline tegur on kohalike omavalitsuste ning maavalitsuste planeerimisalane kompetents ja võimekus ehk planeerimisspetsialistide olemasolu. Seega on oluline nii elanikkonna kui spetsialistide kompetentsi parendamine kliimamuutustega kohanemise võimalustest ning selle teadmise integreerimine nii planeeringutesse, keskkonnamõju strateegilise hindamise aruannetesse kui ka linnakorraldusse.

Oluline on **üld- ja detailplaneeringuliste pilootprojektide läbiviimine ja nende baasil juhendmaterjalide koostamine** kliimamuutustega seonduvate riskide maandamiseks, samuti soovitusel projekteerimistingimustes (nt hooned ja haljastus, sademevee ärajuhtimine). Pilootprojektides selgitatakse need asjaolud ja probleemid, millele tuleb erinevatel planeeringu tasanditel keskenduda. Pilootprojektid annavad ühtlasi sisendi õigusloomesse ja ruumiandmebaasi koostamiseks.

Kliimamuutustega kohanemisega arvestamine eeldab ka täpsemaid andmeid, et väljendada konkreetse probleemi ulatust riskiohuga alal. Seetõttu on oluline suuremate linnade mikrokliima uurimine ja vastava analüüsi- ja kaardimaterjali koostamine. Kliimamuutustega kaasnevad riskid tuleb kaardistada ning koondada ühtsesse ruumiandmebaasi keskkonnaregistri koosseisus.

Teadusmeetmete rakendamine ei ole üldjuhul korralduslikult keerukas, samas on neil pikaajaline mõju. Arvestades madalat teadlikkust, tuleb teavitustööga alustada kohe.

Rakendusmeetmed keskenduvad kuumalainete ja soojusaarte, üleujutuste ja tormidest tingitud võimalike kahjude ennetamisele ning riskide maandamisele maakasutuslike võtetega. Valdavalt jagunevad rakendusmeetmed „rohelisteks“, „sinisteks“ ja „hallideks“. Rohelised meetmed seonduvad rohealade hooldamise ja rajamisega, et maandada üleujutuste ja kuumalainetega seonduvaid riske. Sinised meetmed on seotud vee jahutava mõju kasutamise soodustamisega ning hallid meetmed on seotud ehitustehniliste lahendustega nagu sademevee süsteemide rekonstrueerimine ja rajamine, pindade soojust peegeldavate, absorbeerivate ja pidavate omaduste ning õhuringluse arvestamine hoonestuse projekteerimisel ja ehitamisel. Rakendusmeetmete suunamine on põhiliselt omavalitsuste ülesanne, oluline on kaasata ja lahendusi otsima suunata kinnisvara arendajaid ja omanikke.



## **7. Seosed teiste strategiadokumentidega**

Üleriigilises planeeringus „Eesti 2030+“ nimetatakse kliimamuutust olulise ruumilise mõjuga üleilmseks probleemiks. Lisaks sellele käsitletakse kliimamuutust energeetika ja roheline võrgustiku kontekstis. Eesmärgiks on seatud negatiivse mõju vähendamine kliimaprotsessidele taastuenergia osakaalu suurendamisega. Loodusliku kohanemisvõime parandamisena nähakse rohetaristu arendamist.

„Eesti regionaalarengu strateegia 2014–2020“ üheks eesmärgiks on säästva ja atraktiivse linnaruumi ja liikuvuskeskkonna arendamine. See toetab antud strateegia meetmeid, mille eesmärgiks on kliimamuutustega kohanemine just linnakeskkonnas. „Eesti infoühiskonna arengukava 2014–2020“ eesmärgiks on avaliku rahastuse eest saadud uurimistöö tulemustele ja teadusandmetele avatud juurdepääsu tagamise soodustamine. Nimetatud arengukava üheks sihiks on seatud paremate ja läbimõeldud otsuste tegemine, mille nimel on kavas selliste avaandmete kasutuselevõttu toetada. 2015. aastal kehtestatavad veemajanduskavad sisaldavad üleujutusohuga seotud riskide maandamiskavasid. Veemajanduskavad ja maaparandushoiukavad tuleb integreerida planeeringutega.

## **II PRIORITEETNE VALDKOND: TERVIS JA PÄÄSTEVÕIMEKUS**

### **1. Sissejuhatus**

Ilm ja kliima mängivad inimese tervises seisundi kujunemisel väga olulist rolli. Kliimamuutused mõjutavad tavapäraseid ilmastikutingimusi, millega me antud piirkonnas kohanenud oleme. Kliimamuutuste mõju tervisele on mitmetahuline ning mõjud on ühiskonna ja elukvaliteedi seisukohast sageli kriitiliselt olulised. Kliimamuutused võivad tervist mõjutada nii otseselt (näiteks suremuse suurenemine sagedasemate kuumalainete tõttu) kui kaudselt (näiteks haigestumuse suurenemine kliimamuutustest tingitud õhukvaliteedi halvenemise tõttu). Seniste uuringute kohaselt on kliimamuutused käesolevaks hetkeks tervist juba mõjutanud. Perioodil 2030–2050 see mõju suureneb ning perioodil 2050–2100 suureneb oluliselt, eriti teravalt aga RCP8.5 kliimastenaariumi korral.

Seoses kliimamuutustega tuleb valmis olla nii õnnetusteks kui hädaolukordadeks, mis võivad sagenevate äärmuslike ilmastikuolude tõttu vallanduda, ning nende tagajärgedeks, sh raskesti ligipääsetavates kohtades. Kliimamuutustega on seotud järgmised hädaolukorra liigid: ulatuslik metsa- või maastikutulekahju, üleujutus tiheasustusalal, raskete tagajärgedega torm, massiline kliimapõgenike sisseränne riiki.

## 2. Olukorra analüüs

### *Tervis*

**Inimeste tervisele avaldab kõige otsesemat mõju õhutemperatuuri tõus ja kuumalainete sagenemine.** Kõrgemad temperatuurid suurendavad kuumapäevade ja kuumalainete arvu, mis omakorduda põhjustab kuumaga seotud haigestumiste ja surmade sagenemist. Kuumade ilmade mõju on ilmnenu juba praegu, sest aastatel 1996–2013 oli kuumade ilmade ajal (kui ööpäeva maksimaalne temperatuur ületas 27 °C) suremus oluliselt kõrgem. Eriti oluliselt mõjutas Eesti elanike tervist 2010. aasta kuum suvi, kui suremus suvekuudel oli eeldatavast ligi 30% suurem. Kuna kliimamuutuste tõttu kuumalained sagenevad, on olenevalt kliimastsenaariumist (RCP4.5 või RCP8.5) perioodil 2030–2050 keskmiselt oodata 506 või 679 ning perioodil 2050–2100 655 või 1068 liigsurma juhtu aastas. Kuumalainete mõju võimendab soojussaare efekt, mis tekib lisaks linnadele ka väiksemates asulates. Vaatamata kliima üldisele soojenemisele ei tohi Eestis ka tulevikus väga madalate õhutemperatuuride ja kiilasjää tekkega seotud terviseriske alahinnata. Äärmuslikest ilmastikutingimustest võivad elanike tervist ohustada veel tormid ja paduvihmad (sellest tingitud üleujutused), mille tõttu võib väheneda või katkeda ka arstiabi kättesaadavus.

**Tervisele avaldab olulist mõju õhukvaliteet.** Kuigi kliimamuutused võivad mõju avaldada ka õhus olevate saasteainete sisaldusele (kuumalainete ajal intensiivistub maapinnalähedase osooni teke, teatud perioodidel võivad peente osakeste hajumistingimused halveneda ning metsatulekahjud sagedeneda), on kõige otsesem õhukvaliteeti puudutav kliimamuutuste mõju siiski õietolmu levikule. Pessimistlikuma kliimastsenaariumi, RCP8.5 korral pikeneb sajandi lõpuks õietolmu hooaeg ja suureneb Eesti alale levivate uute taimeliikide õietolmust tulenev terviserisk.

**Muutuv kliima mõjutab siirutajate levikut, kes võivad edasi kanda ohtlikke nakkushaigusi.** Siirutajate levikuareaalide muutuse tulemusena sagenevad nii juba praegu levivad haigused, nagu puukentsefaliit ja -borrelioos, kui ka Eestis levida võivad, kuid meil siiani vähe levinud haigused, nagu leishmanioos, hantaviirus, tulareemia, denguepalavik jt. Eri kliimakomponentide mõju on seejuures vastassuunaline – pehmemad talved ja niiskemad perioodid (küll mitte paduvihmad) üldiselt soosivad, samas põuaperioodid takistavad haiguste levikut. Paduvihmad ja põuaperioodid mõjutavad ka **veekvaliteeti** – paduvihmadega võib keskkonnast vette kanduda hulgaliselt parasiite (mis võivad edasi kanduda joogivette) ja pikaajalised põuad võivad madalad salvkaevud jätta joogiveeta. Sagedasematel kuumadel suvedel võib suurened ka veeõitsengute hulk, mis halvendab suplusvee kvaliteeti. **Toiduohutusega** seotud riskiks on taimahaiguste ning mükotoksiinide laialdasem levik, mis võib ohtlikumaks kujuneda RCP8.5 kliimastsenaariumi puhul perioodil 2050–2100.

**Proгноoside kohaselt tulevikus kokkupuude ultraviolettkiirgusega eeldatavasti suureneb veelgi,** mis kõrgendab nahavähki haigestumust (Eestis on kasv viimastel aastatel olnud 2–4% aastas). Samas võivad kliimastsenaariumide alusel talved

tulevikus olla sombusemad, mis **vähendab talveperioodil päikesevalguse hulka** (ühtepidi vähendab D-vitamiini sünteesi ja teistpidi suureneb depressiooni risk).

Kuigi kliimamuutused põhjustavad Eestis olulisi keskkonnamuutusi ja läbi terviseohtude võib elukvaliteet halveneda, on mõju ja haavavuse tase kolmanda maailma riikides, eriti Aafrikas, kordi teravam. Seetõttu võib suureneda kliimapagulaste ränne Euroopasse, sh Eestisse.

### *Päästevõimekus*

Päästevõimekuse aspektist tuleb esmajoones arvestada ülejutusega tiheasustusalal ja ulatusliku metsa- ja maastikutulekahjuga. Mõlema hädaolukorra riskid on 2013. aastal koostatud üleriigiliste riskianalüüside tulemusel hinnatud kõrgeteks. Need hädaolukorrad ei kujuta Eesti oludes väga suurt ohtu inimeste elule ja tervisele, kuid võivad põhjustada suurt varalist kahju.

**Eestis on taasiseseisvuse ajal aset leidnud kokku seitse hädaolukorra määratlusele vastavat metsatulekahju.** Metsatulekahjude keskmine arv aastate lõikes on vähenenud, mis väljendab inimtekkeliste tulekahjude vältimise ennetusmeetmete tulemuslikkust. Märkimisväärselt on vähenenud ka hädaolukorra määratlusele vastavate metsatulekahjude arv. Metsatulekahjudega kaasnevad üldiselt ulatuslikud looduskeskkonna kahjustused.

Nimetatud hädaolukorrad võivad põhjustada ka häireid operatiivsete päästetööde tegemisel ja hädaabi õnnetusteadete menetlemisel.

Eestis on seni peamiselt tegeletud kliimamuutuste leevendamise ja hädaolukordade lahendamise, kuid edaspidi tuleb enam tähelepanu pöörata kliimamuutustega kohanemisele. Kusjuures kohanemine antud kontekstis tähendab eelkõige kliimamuutustest tulenevate riskide maandamist ja vajadust suurendada ühiskonna ning keskkonna valmisolekut ja vastupanuvõimet kliimamuutustega toimetulekuks.

Kliimamuutuste mõjude teravnemine **ei eelda alalises valmiduses olevate päästekomandode võrgustiku laiendamist, küll aga tuleb arvestada nii vabatahtlike kui ka kaitsestruktuuride ning erasektori laialdasema kaasamisega** hädaolukordade lahendamisel, samuti suurema ressursikuluga.

### **3. Läbivad teemad**

Kliimamuutuste tervise mõjud sõltuvad mitmetest kaasnevatest ühiskonnateguritest, nagu **tervisesüsteemide võimekus ja valmisolek, elanike tundlikkus** (eriti tundlikud on eakad, lapsed, kroonilised haiged jt), ebavõrdsus ja haavatavamate elanike osakaal ning **hoiatussüsteemide olemasolu ja tervisesüsteemide kohanemisvõime** muutuva kliimaga.

Oluline on luua **võrdsed võimalused**, mis aitavad paremini kohaneda ka haavatavatel isikutel, keda kliimamõjud puudutavad teravamalt. Kuna haavatavuse puhul

avalduvad geograafilised erinevused (näiteks kuumalainete puhul on mõju suurem suuremates linnades ning Kagu-Eestis), siis tuleb rohkem kohanemise ressursse suunata just nendesse piirkondadesse, kus elab rohkem riskirühma kuuluvaid inimesi.

Tervisemõjude vähendamise ja kliimamuutustega kohanemise juures on oluline **elanikkonna informeerituse parandamine**, kuna paljud kohanemismeetmed eeldavad inimeste endapoolset aktiivsust. Sellele aitab kaasa infoühiskonna vahendite kasutamine, milleks on eelnevalt loodud ja internetis vabalt kättesaadavad ning kergesti leitavad infomaterjalid, videod jms.

Ka päästevõimekuse tõstmisele aitab kaasa elanikkonna informeeritus ja parem ettevalmistus võimalikeks hädaolukordadeks, sh kaardirakenduste ja simulatsiooni-vahendite laialdasem ja mitmekülgsem kasutamine. Infotehnoloogiliselt täiustatud päästetehnika võimaldab kiiremini reageerida ja tegutseda kliimamuutustest tulenevates hädaolukordades.

#### **4. Üldeesmärk**

**Vähendada negatiivseid mõjusid tervisele ja elukeskkonnale ning vältida haigestumise ja suremuse suurenemist ebasoodsates kliimamuutuste tingimustes, sh hädaolukordade korral.**

Mõõdikud:

- suremus suvekuudel (juuni–august);
- hukkunud ning hospitaliseeritud inimeste arv hädaolukordade korral;
- siirutajatega levivatesse haigustesse nakatanute arv;
- gastrointestinaalsete probleemide esinemine elanike seas;
- nahavähki haigestunute arv;
- depressiooni ja sarnaste diagnooside arv ning depressiooniravimite kasutus talveperioodil.

**Parandada inimeste teadmisi ja oskusi kaitsta elu, vara ja keskkonda ning tõhustada reageerijate võimekust, korraldada päästesündmusi ja lahendada hädaolukordi kliimamuutuste tingimustes.**

Mõõdikud:

- metsatulekahjude arv;
- elutähtsa teenuse toimepidevus.

#### **5. Alaeesmärgid**

*Tervis*

**TE 1 Tõsta inimeste ja ametkondade teadlikkust kliimamuutuste tervisemõjudest ja kohanemise võimalustest.**

te 1.1: Kompetentsikeskus loodud (mõõdik: palgatud ekspertide arv).

te 1.2: Teavitussüsteemid käivitatud (mõõdik: kasutajate arv).

**TE 2 Toetada haavatavaid elanikkonna gruppe äärmuslike ilmastikunähtuste, välisõhu kvaliteedi, joogivee, toidu jt probleemide korral.**

te 2.1: Tugimeetmed haavatavatele gruppidele loodud (mõõdik: tugimeetmete arv).

**TE 3 Arendada äärmuslike ilmastikunähtuste (kuumalained, tormid, üleujutused jne) seire-, prognoosi- ja hoiatussüsteeme.**

te 3.1: Seire- ja hoiatussüsteemid kasutusele võetud (mõõdik: antud hoiatuste arv).

**TE 4 Koostada tegevusplaane ja käitumisjuhiseid kliimamuutustest põhjustatud/ajendatud terviseriskide puhuks.**

te 4.1: Tegevusplaanid riiklikult ja kohalikes omavalitsustes kehtestatud (mõõdik: osakaal omavalitsustest, kus tegevusplaanid kehtestatud).

**TE 5 Arvestada kliimamuutuste riskidega rahvatervise seadusandluse ja tervishoiusüsteemi arendamisel.**

te 5.1: Kliimamuutuste riskidega uutes regulatsioonides ja tervishoiusüsteemis arvestatud (mõõdik: kliimamuutuste riske sisaldavate regulatsioonide arv).

### *Päästevõimekus*

**PÄ 1 Tõhustada riskikommunikatsiooni ning elanikkonna hädaolukorras valmisolekut.**

pä 1.1: Inimeste teadlikkus kliimariskidest tõusnud.

**PÄ 2 Koostada riskianalüüse koostöös erinevate asutustega.**

pä 2.1: Riskianalüüseid ja hinnangud koostatud.

**PÄ 3 Täpsustada koostööaluseid, et tõhustada riigiasutuste, sh tsiviil- ja militaarasutuste ning erasektori koostööd.**

pä 4.1: Hädaolukorra lahendamise plaanid koostatud.

## **6. Poliitikainstrumendid ja nende tulemused**

Kohanemismeetmed on suunatud:

- teadlikkus: teadlikkuse tõstmisele (ühiskond tervikuna, inimesed, ametnikud);
- valmidus: strateegilise ja operatiivse valmiduse tõstmisele kliima- ja ilmastikuriskide maandamiseks;
- ettevaatus: pikaajaliste muutuste teadvustamisele ja seonduvale ennetavale tegevusele pikas perspektiivis;
- määramatus: teadmiste lünkade täitmisele ja sellest tingitud määramatuse vähendamisele.

Tervisemeetmed rõhuvad peamiselt **rahva teadlikkuse tõstmisele** kliimariskide tervise mõjust. Ühtlasi **tuleb edasi arendada tervishoiu tugisüsteeme** ja tõsta **meditsiinitöötajate ja tervishoiukorraldajate teadlikkust**. Tervishoiusüsteemi võime

erakordsetele ilmastikunähtustele reageerida peab tõusma. Suurenevad riskid vajavad ka **täiendavaid uuringuid**. Ühelt poolt on tegemist meetmearingiga, mis tõstab tervishoiuasutuste üldist võimekust, teiselt poolt ühilduvad tervisemeetmed päästevõimekuse ja riskihaldusega.

Riskihaldust saab tõhustada kliimamuutustest tingitud hädaolukordades, tagamaks paremaid ennetamise ja leevendamise võimalusi. Arendamist vajab ka **riski-kommunikatsioon** – avalikkuse teavitamine ja varajane hoiatamine, et viia eluline teave kiiresti ohustatud isikuteni. Samuti on tähtis **elanikkonna ohuteadlikkuse suurendamine** ja hädaolukorras toimetuleku ning **teiste abistamise õpetamine**. Senisest suuremat rõhku tuleb panna **koostöö korraldamisele** ning seda nii tsiviil- ja militaarasutuste kui ka ametiasutuste ja erasektori vahel. Oluline on ka päästeteenistuse varustuse hankimine ja arendamine kliimamuutustega seotud hädaolukordadeks, sest ehkki üldiselt metsa- ja maastikutulekahjude arv väheneb, on suurenemas kliimategurite tõttu puhkenud tulekahjude arv.

## **7. Seosed teiste strategiadokumentidega**

Tervise valdkonna olulisimaks dokumendiks on „Rahvastiku tervise arengukava 2009–2020“. Selle üheks alaeesmärgiks on tõhustada elukeskkonnast (sh kliimamuutustest) ning töö- ja õpikeskkonnast tulenevate terviseriskide hindamise, juhtimise ja teavitamise süsteemi. Vastavalt uutele teadmistele olulise tervisemõju kohta tuleks kliimamuutuste tervisemõju kaasata uude „Rahvastiku tervise arengukava 2009–2020“ rakendusplaani ning tegevuskavadesse. „Eesti keskkonnastrateegia aastani 2030“ seab eesmärgiks tervist säästva ja toetava väliskeskkonna loomise, mis kätkeb endas nii kliimamuutuste mõju vähendamist kui kavade koostamist.

Päästevõimekuse teemaga on tihedamalt seotud „Eesti keskkonnastrateegia aastani 2030“ ja „Siseturvalisuse arengukava 2015–2020“. Keskkonnastrateegia näeb ette toimiva hädaolukorraks valmisoleku süsteemi arendamise võimalike hädaolukordade, sh loodustekkeliste ja kliimamuutuste mõjudega seonduvate hädaolukordade ennetamiseks ning nendele õigeaegse ja piisavate ressursidega reageerimise võimaldamiseks. Eeldatakse piisava taseme saavutamist üleujutuste ja tormikahjustuste likvideerimiseks ning samuti kohest reageerimisvalmidust kuni 50-hektariliste metsa- ja maastikutulekahjude likvideerimiseks. Siseturvalisuse arengukavas on käsitletud päästevõimekuse tõhustamist, kriiside ennetamist ning hädaolukordadeks valmisoleku suurendamist. Seoses kliimamuutuste tagajärjel sagenenud ekstreemsete ilmastikunähtuste riskiga tuleb arengukava kohaselt tõsta päästevõimekust ning tagada valmidus metsatulekahjude, üleujutuste, tormide ja muude sündmuste tagajärgede likvideerimiseks. Kliimamuutustega kohanemine seisneb eelkõige kliimamuutustest tulenevate riskide maandamises ja vajaduses suurendada nii ühiskonna kui ka keskkonna valmisolekut ja vastupanuvõimet kliimamuutustele.

## KOHANEMISMEETMED

MAAKASUTUS JA PLANEERIMINE	
<b>Üldeesmärk</b> Kohapõhiselt, tõhusalt ja kuluefektiivselt maandada tormi-, üleujutus- ja erosiooni-riski inimestele, varale ja majandusele, leevendada soojussaare efekti, tõsta asustuste kliimakindlust, valides selleks parimad lahendused maakasutuses ja selle planeerimises.	
LINNAD	
1	Elanikkonna teadlikkuse tõstmine kliimamuutuste riskidest ning ennetustegevustest (planeerimine, ehitus, kinnisvarahaldus)
2	Kliimamuutustega kaasnevate riskide ja mõjude teadvustamine maakonna ja kohaliku omavalitsuse tasandil – koolitustsüklite ja täiendkoolituste korraldamine, info jagamine
3	Pilootprojektide (üld- ja detailplaneeringute) koostamine kohaliku omavalitsuse tasandil ja nende alusel juhendmaterjalide koostamine kliimamuutustega arvestamiseks ja riskide maandamiseks
4	Keskonnamõju strateegilise hindamise aruannetes kliimamuutuste mõjude hindamise parendamine koos metoodilise juhendiga
5	Üleujutusriskiga alade kasutamine rekreatsiooniks ja rohealadena
6	Rohealade säilitamine, järjepidev hooldamine, laiendamine ja uute rajamine kliimamuutustega kohanemiseks, kõrghaljastuse ja taimestiku kasutamine jahutusefekti saavutamiseks ning parema infiltratsiooni tagamiseks
7	Kliimamuutuste riskide kaardistamine, ühtse kasutajasõbraliku ruumiandmebaasi koostamine, et koondada asjakohased andmed eri tasandite planeeringute ja arengukavade (sh maaparandushoiukavad, metsamajanduskavad) koostamiseks
8	Soovituste koostamine projekteerimis- ja ehitustingimuste (nt hooned ja haljastus, sademevee ärajuhtimine) koostamiseks kliimamuutustega kohanemiseks
9	Õigusraamistiku analüüsi läbiviimine üleujutusosalade ja ehituskeeluvööndi osas
10	Suurte tehispindade (parklad, tööstusalad) liigendamine roheliste puhverribadega, uute arenduste planeerimisel veekindlate tehispindade osakaalu vähendamine maakasutuses
11	Pindade soojust peegeldavate, absorbeerivate ja -pidavate omaduste ning õhuringluse arvestamine hoonestuse projekteerimisel ja ehitamisel
12	Riskianalüüside koostamise juhendmaterjalide väljatöötamine
13	Sademevee suunamine ja hajutamine rohealadele
14	Suuremate linnade mikrokliima uurimine ja kaartide koostamine
15	Jõgede, ojade, kraavide ja truupide puhastamine ning sängide süvendamine, uute kraavide rajamine
16	Vee jahutava mõju linnaruumis kasutamise soodustamine
17	Sademevee süsteemide rekonstrueerimine ja rajamine, sh sademevee kasutamine kodumajapidamistes nn halli veena

<b>RANNIKUD</b>	
1	Meretaseme prognoosisüsteemide arendamine
2	Arhiivi- ja teiseste allikate, sh geoloogilise materjali rakendamine üleujutus- ja erosiooniriskide hindamisel
3	Randade seiremetoodikate ja -süsteemide arendamine
4	Objektide rajamise või rekonstrueerimise KMH või eksperthinnangu raames kliimamuutuste mõju arvestamine, selgitamaks mõjud rannikualade üleujutuse korral ja mõju vältimise meetmed
5	Ohustatud kultuuripärandi objektide identifitseerimine ja vajadusel kaitsemeetmete (konserveerimine, päästekaevamised, objekti teisaldamine) väljatöötamine rannikute üleujutusest ja erosioonist tulenevate mõjude leevendamiseks
6	Kliimamuutuste riskijuhtimise integreerimine rannikualasid puudutavatesse määrustesse jms
7	Üleujutustest tuleneva saastatuse vältimine, selleks vajaliku juhendmaterjali koostamine
<b>MAAPARANDUS</b>	
1	Kliimamuutustega kaasnevate mõjude ja riskide teadvustamine põllu- ja metsa- majandusettevõtete ning maaomanike tasandil – info jagamine, koolitustsükli- te ja täiendkoolituste korraldamine
2	Projekteerimismääruste kohandamiseks soovitude koostamine, et arvestada kliimamuutuste mõju leevendamise vajadust metsa- ja põllumajanduses ning selle mõju regionaalseid erinevusi
3	Kliimamuutuste riskide kaardistamine, ühtse ruumiandmebaasi koostamine metsa- ja põllumaade planeerimisel ja majandamisel kasutamiseks ning maa- parandushoiukavade koostamiseks
4	Õigusruumi korrastamise vajaduse analüüsi läbiviimine üleujutus- ja (kui- vendus) ja ressursi kasutamise (niisutus) regulatsioonide osas
5	Liigniiskuskahjude leevendamine läbi maaparandussüsteemide korrashoiu, rekonstrueerimise ja rajamise
6	Veereostuse riski vähendamine erosiooniohtlikel põllumaadel
7	Põuakahjude vähendamine läbi niisutussüsteemide rajamise
<b>TERVIS</b>	
<b>Üldeesmärk</b>	
Vähendada negatiivseid mõjusid tervisele ja elukeskkonnale ning vältida haigestu- mise ja suremuse suurenemist ebasoodsates kliimamuutuste tingimustes, sh häda- olukordade korral.	
1	Ametkondade teadlikkuse tõstmine kliimamuutuste tervisemõjudest, võimali- kust kliimarändest ja kohanemise võimalustest – kompetentsikeskuste loomine
2	Elanikkonna teadlikkuse tõstmine kliimamuutuste tervisemõjudest ning koha- nemise võimalustest – infoportaali loomine ning teadmiste õpetamise integ- reerimine haridussüsteemi



3	Kliimamuutustega kaasnevate tervisemõjude ja kohanemisvõimaluste teadvustamine tervishoiuasutustele – info jagamine, koolitustüklite ja täiendkoolituste korraldamine
4	Haavatavate elanikkonna gruppide toetamine äärmuslike ilmastikunähtuste, õhukvaliteedi, joogivee, toidu jt probleemide korral
5	Äärmuslike ilmastikunähtuste (kuumalained, tormid, üleujutused jne) seire-, prognoos- ja hoiatussüsteemide arendamine
6	Tegevusplaanide ja käitumisjuhiste koostamine kuumalaine hoiatuste puhuks
7	Tegevusplaanide ja käitumisjuhiste koostamine veekvaliteedi halvenemise ja veepuuduse puhuks
8	Ebakvaliteetse õhukvaliteedi korral hoiatuste andmise täpsustamine (nii keemilised ained kui õietolm) ning prognoosisüsteemide parandamine
9	Tegevusplaanide ja käitumisjuhiste koostamine õhukvaliteedi hoiatuste puhuks
10	Siirutajate kaudu levivate haiguste seire täiendamine kliimamuutuste aspektides
11	Parasiitide riski maandamine pinnavett kasutavates veevärkides (tulvaperioodidel)
12	Laborite võimekuse tõstmine kliimamuutustega seotud uute mükotoksiinide ning toidunakkuste tuvastamiseks
13	Kliimamuutuste riskidega arvestamine rahvatervise seadusandluse arendamisel
14	Konditsioneeride paigaldamine tundlike elanikkonna gruppide kaitseks kuumalainete ajal
15	Tsentraalsete veevõrkude laiendamine ning eraveevõrkude parandamine hajasustusaladel joogivee kvaliteedi ning kättesaadavuse tõstmiseks põuaperioodide puhuks
16	Elanikkonna nõustamine ilmastikustressist (sh sombusemad ilmad talveperioodil), nõustajate koolitamine
<b>PÄÄSTEVÕIMEKUS</b>	
<b>Üldeesmärk</b> Parandada inimeste teadmisi ja oskusi kaitsta elu, vara ja keskkonda ning tõhustada reageerijate võimekust, korraldada päästesündmusi ja lahendada hädaolukordi kliimamuutuste tingimustes.	
1	Elanikkonna teadlikkuse tõstmine hädaolukordadest ja igapäevase vastutusest
2	Kriisireguleerimise ja hädaolukorraks valmisoleku teemade laiendamine päästealases ennetustöös
3	Virtuaalsimulatsiooni vahendite laialdasem kasutamine üleujutuste modelleerimiseks, õppuste korraldamiseks ja võimaluste piires avalikkusele kättesaadavaks tegemiseks
4	Koostööaluste täpsustamine ja korralduse tõhusam määratlemine ning sätestamine riigiasutuste, sh tsiviil- ja militaarasutuste vahel, ning erasektoriga
5	Kõrgusmärkide paigaldamine hoonetele või hoonegruppide juurde üleujutuse ohuga aladel

6	Metsatulekahjude õhust jälgimise ja kustutamise võime arendamine
7	Valmisolek ajutiste kaitsevallide ja tõkete rajamiseks (sh spetsiaalsete vahendite soetamine), et üleujutuse korral kaitsta riskialadel paiknevaid olulisi objekte ja piirata üleujutuse ulatust
8	Kõrgendatud maastikuläbivusega sõidukite ja tehnika soetamine kiirema ja tõhusama reageerimise võimaldamiseks üleujutuste ja metsatulekahjude korral
9	Metsatulekahjudest tulenevate majandus- ja keskkonnakahjude vähendamine kaasaegse päästevarustuse kasutuselevõtu abil



## **Euroopa Majanduspiirkonna ja Norra toetused**

Euroopa Majanduspiirkonna ja Norra toetuste kaudu aitavad Island, Liechtenstein ja Norra vähendada sotsiaalseid ja majanduslikke erinevusi ning tugevdada kahepoolseid suhteid Euroopa abisaajariikidega. Need kolm riiki teevad Euroopa Majanduspiirkonna (Euroopa Majanduspiirkond) lepingu kaudu tihedat koostööd ELiga. Euroopa Majanduspiirkonna ja Norra toetusi anti aastatel 2009–2014 summas 1,79 miljardit eurot (97% Norra). Toetatakse vabaühendusi, teadus- ja akadeemilisi asutusi ning avalikku ja erasektorit 12 uues ELi liikmesriigis, Kreekas, Portugalis ja Hispaanias, tehakse tihedat koostööd doonorriikide organisatsioonidega. Toetatavad võtmevaldkonnad on keskkonnakaitse ja kliimamuutused, teadusuuringud ja stipendiumid, kodanikuühiskond, tervishoid ja lapsed, sooline võrdsuslikkus, justiitsküsimused ja kultuuripärand.

<http://eeagrants.fin.ee/>

## **KATI projekt**

KATI projekt „Kliimamuutuste mõjude hindamine ja kohanemismeetmete väljatöötamine planeeringute, maakasutuse, inimtervise ja päästevõimekuse teemas“ viidi läbi keskkonnaprogrammi „Integreeritud sise- ja mereveekogude majandamine“ raames, mida rahastati Euroopa Majanduspiirkonna toetustest. KATI projekti eesmärk oli koostada osa Eesti riikliku kliimamuutustega kohanemise strateegiast ning tegevuskava eelnõust. Põhiküsimusteks olid: kuidas võivad kliimamuutused nimetatud valdkondi mõjutada, milline on Eesti kohanemisevõime ja milliseid meetmeid rakendada, seda kõike eelkõige asutuse ja inimese perspektiivist käsitletuna. Selleks viidi läbi analüüsid maakasutuse ja planeeringute, rannikute ja teiste riskialade kohta ning maaparanduse, inimtervise ja päästevõimekuse temaatikas. Kaardistati hetkeolukord ning hinnati kliimamuutuste mõjude võimalikku avaldumist stsenaariumite RCP4.5 ja RCP8.5 perspektiivis, vastavalt millele koostati Eesti riikliku kliimamuutustega kohanemise strateegia ja rakenduskava eelnõu eelnimetatud temaatikas.

<http://www.geograafia.ut.ee/et/teadus/kati-kliimakohanemine>



ISSN 1406–3069  
ISBN 978–9985–4–0938–1